

Tuulia Hallamaa  
Paula Sorri

## Haitallinen harsoluminanssi

– Mittaaminen Glare 1.0 -ohjelmalla

Tekijät Otsikko  Sivumäärä Aika	Tuulia Hallamaa, Paula Sorri Haitallinen harsoluminanssi – Mittaaminen Glare 1.0 -ohjelmalla 37 sivua + 3 liitettä 29.10.2010
Tutkinto	Optometristi
Koulutusohjelma	Optometria
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Lehtori Juha Havukumpu Lehtori Juha Päällysaho
<p>Opinnäytetyön tarkoitus oli mitata haitallisen harsoluminanssin normaaliarvot uudella dosentti Risto Näsäsen kehittämällä Glare 1.0 -ohjelmalla. Tuloksista muodostettiin normaaliarvokäyrä, jota verrattiin haitallista harsoluminanssia mittaavan C-Quant -mittarin normaaliarvokäyrään. Tavoitteena oli saada aikaan mahdollisimman hyvin vertailtavissa oleva normaaliarvokäyrä. Haitallinen harsoluminanssi lisääntyy iän myötä, ja mittaustulosten oletettiin vastaavan tätä oletusta.</p> <p>Tutkimukseen osallistui yhteensä 41 henkilöä, jotka olivat iältään 20–72-vuotiaita. Tutkimushenkilöt valittiin satunnaisesti. Alkututkimusten ja silmämikroskopian perusteella vain normaalit, terveet silmät valittiin haitallisen harsoluminanssin mittaukseen. Haitallisen harsoluminanssin määrä mitattiin yhteensä 82 silmästä. Tutkimustuloksista muodostettiin hajontakuvio sekä normaaliarvokäyrä SPSS- ja Excel-ohjelmien avulla.</p> <p>Opinnäytetyön perusteella Glare 1.0 -ohjelma antaa korkeampia haitallisen harsoluminanssin arvoja verrattuna C-Quant -mittariin. Erityisesti alle 40-vuotiaiden tulokset ovat odotettua suurempia. Tutkimuksen tuloksena Glare 1.0 -ohjelmalla mitatut tulokset ovat 0.47 log(s) -arvon verran korkeampia kuin C-Quant -mittarin tulokset. Eron oletetaan johtuvan mahdollisesta akkommodaation vaikutuksesta. Mittaustulokset olivat odotettua hajanaisempia, mutta Glare 1.0 -ohjelman normaaliarvokäyrästä voidaan kuitenkin päätellä haitallisen harsoluminanssin määrän lisääntyvän ikääntyessä.</p> <p>Glare 1.0 -ohjelma osoittautui toimivaksi ja helppokäyttöiseksi haitallisen harsoluminanssin mittaamenetelmäksi. Toivottavasti mittaustuloksista on hyötyä, jotta Glare 1.0 -ohjelma voidaan ottaa laajempaan käyttöön ja tietoisuus haitallisesta harsoluminanssista ja sen vaikutuksesta näkemiseen lisääntyisi.</p>	
Avainsanat	Haitallinen harsoluminanssi, C-Quant, Glare 1.0

Authors Title	Tuulia Hallamaa, Paula Sorri Stray Light – Measuring with Glare 1.0-program
Number of Pages Date	37 pages + 3 appendices 29 October 2010
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation	Optometry
Instructors	Juha Havukumpu, Senior Lecturer Juha Päällysaho, Senior Lecturer
<p>The aim of our study was to measure normal values with a new stray light meter, Glare 1.0, designed by Dr. Risto Näsänen. From the measured results we made a curve of normal values that was compared to another stray light meter, C-Quant's normal value curve. Our intention was to create a normal value curve that is as comparable as possible. Stray light values increase with age and we expected that the measured results would correspond to that assumption.</p> <p>The target group of our study was 41 persons aged from 20 to 72 years. We selected the target group randomly but only the normal and healthy eyes were selected to the stray light study after prime measurement and microscopy. The stray light values were measured altogether from 82 eyes. From the results of the study we formed a dispersion pattern and a normal value curve with SPSS- and Excel - programs.</p> <p>The results of our study showed that Glare 1.0 stray light meter provides higher stray light values than C-Quant. Particularly the results with the under 40- year-old examinees were higher than we expected. The result of the study is that measuring with Glare 1.0 –program, the results are 0.47 log(s) higher than measuring with C-Quant. The difference is assumed to be the result of possible influence of accommodation. In the results of the study there was more dispersion than we expected but from the normal value curve of Glare 1.0 it can be concluded that stray light values increase with age.</p> <p>Glare 1.0 -program turned out to be a functional and practical stray light meter. We hope that the results of our study are advantageous for a more extensive introduction of Glare 1.0. We also hope that our study will increase the knowledge of stray light and its influence on vision.</p>	
Keywords	stray light, C-Quant, Glare 1.0

# Sisällys

<b>1 Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2 Valo ja sen taittuminen silmässä</b>	<b>3</b>
2.1 Silmän valoa taittavat osat	4
2.1.1 Sarveiskalvo	4
2.1.2 Mykiö	4
2.1.3 Lasiainen	5
2.1.4 Verkkokalvo	5
<b>3 Kontrasti ja kontrastiherkkyys</b>	<b>6</b>
3.1 Kontrastiherkyyteen vaikuttavia sairauksia	7
3.2 Kontrastiherkyyden mittaaminen	7
<b>4 Häikäisy</b>	<b>11</b>
4.1 Kiusahäikäisy	11
4.2 Valoadaptaatiohäikäisy	11
4.3 Kyvyttömyyshäikäisy	11
<b>5 Haitallinen harsoluminanssi</b>	<b>12</b>
5.1 Näöntarkkuuden vaikutus haitalliseen harsoluminanssiin	14
5.2 Pupillikoon vaikutus haitalliseen harsoluminanssiin	15
5.3 Kaihin ja keinomykiön vaikutus haitalliseen harsoluminanssiin	16
<b>6 Haitallisen harsoluminanssin mittausmenetelmät</b>	<b>18</b>
6.1 C-Quant, Compensation Comparison -menetelmä	18
6.2 Compensation Comparison -menetelmän toimintaperiaate	18
<b>7 Glare 1.0 -ohjelma</b>	<b>20</b>
7.1 Yleinen toimintaperiaate	20
7.2 Mittaustekniikka	21
<b>8 Tutkimuksen kulku ja tavoitteet</b>	<b>23</b>

8.1 Tutkimustila	23
8.2 Tutkimusotos	23
8.3 Alkututkimukset	24
8.4 Haitallisen harsoluminanssin mittaaminen	25
8.5 Lisämittaukset	26
<b>9 Tutkimustulokset</b>	<b>27</b>
9.1 Tutkimustulosten analysointi	27
9.2 Glare 1.0 lisämittaukset	28
9.3 C-Quant ja Glare 1.0 normaaliarvokäyrien vertailu	29
9.4 Glare 1.0 -mittaustulosten hajonta	31
<b>10 Pohdinta</b>	<b>32</b>
10.1 Reliaabelius	33
10.2 Validius	33
10.3 Kokonaisluotettavuus	34
10.4 Johtopäätökset	34
10.5 Jatkotutkimusehdotukset	35
<b>Lähteet</b>	<b>36</b>
<b>Liitteet</b>	
Liite 1. Tutkimuslomake	
Liite 2. Tutkimustulokset	
Liite 3. Lisämittausten tulokset	

## 1 Johdanto

Silmän haitallisen harsoluminanssin aiheuttama häikäistyminen on yleinen iän myötä lisääntyvä näköhaitta. Sen yleisyydestä huolimatta aihetta on tutkittu hyvin vähän. Valon siroaminen silmässä aiheuttaa häikäistymistä, joka taas aiheuttaa näön tarkkuuden alenemista. Häikäisytestejä on kehitelty monia, mutta haitallista harsoluminanssia mittaavia menetelmiä on tähän mennessä ollut olemassa vain yksi. Dosentti Risto Näsänen on kehittänyt uuden haitallista harsoluminanssia mittaavan Glare 1.0 -tietokonetestin, joka on tarkoitus ottaa jo käytössä olevan Compensation Comparison- ohjelman ohella käyttöön. Opinnäytetyön tullessa ajankohtaiseksi, Lehtori Juha Päällysaho ehdotti meille aiheeksi haitallisen harsoluminanssin mittaamista Glare 1.0 -testillä. Kiinnostuimme aiheen haasteellisuudesta ja mahdollisuudesta auttaa tuomaan uusi haitallisen harsoluminanssin mittaamenetelmä kliniseen käyttöön. Aiheesta teki mielenkiintoisen myös se, että haitallinen harsoluminanssi on hyvin vähän tutkittu aihe, mutta se on silti kaikille tuttu ilmiö. Tieto haitallisen harsoluminanssin vaikutuksesta näkökykyyn olisi hyödyllistä saada laajempaan tietoisuuteen, sillä se on yksi merkittävistä haittatekijöistä ikääntyvien ihmisten toiminnallisessa näkökyvyssä.

Opinnäytetyömme tarkoituksena on mitata uudelle laitteelle vertailukelpoiset normaaliarvot. Normaaliarvojen myötä uusi mittaamenetelmä on valmis otettavaksi käyttöön ja on vertailukelpoinen aiemman C-Quant (the cataract quantifier, OCULUS Optikgeräte GmbH, Saksa) -menetelmän rinnalla. Koska tarkoituksena oli saada vertailukelpoisia arvoja, pyrimme valitsemaan tutkimusotokseen mahdollisimman kattavan ikäjakauman terveitä silmiä. Tutkimukseen osallistuville koehenkilöille tehtiin laajat alkututkimukset, joiden perusteella sopivat henkilöt valittiin haitallisen harsoluminanssin mittaukseen. Alkututkimuksilla karsittiin pois ne henkilöt, joiden oletettiin syystä tai toisesta saavan normaalia korkeampia mittaustuloksia ja näin ollen heidän tuloksensa olisivat vääristäneet normaaliarvokäyrää. Oletuksemme oli, että uusi Glare 1.0 -mittausohjelma antaa samankaltaisia tuloksia kuin aiemmin käytetty haitallista harsoluminanssia mittaava C-Quant -mittari; haitallisen harsoluminanssin määrä kasvaa ihmisen ikääntyessä.

Opinnäytetyömme koostuu teoria- ja tutkimusosuudesta. Teoriaosuudessa selvitetään opinnäytetyössämme käytettäviä käsitteitä, valon kulkua silmässä, kontrastiherkkyyttä, häikäisyä ja haitallista harsoluminanssia, sen mittaamista sekä mittaamenetelmiä.

Tutkimusosuus koostuu tutkimuksen kulun ja toteutuksen käsittelystä ja tutkimustulosten sekä normaaliarvokäyrän analysoinnista.

## 2 Valo ja sen taittuminen silmässä

Näkyvän valon aallonpituus on noin 380 - 770 nm. Tämä osa sähkömagneettisesta säteilystä absorboituu silmän verkkokalvolle, jonka fotoreseptorisolut muuttavat valo- aistimuksen näköaistimukseksi. Muut aallonpituudet ovat ihmissilmälle näkymättömiä, koska ne eivät läpäise silmän optisia väliaineita tai verkkokalvon pigmenttisolut eivät absorboi niitä. Lopullinen kuvanmuodostus tapahtuu vasta näköaivokuorella, jonne valo- aistimuksen synnyttämät hermoimpulssit kulkevat näköhermoa ja näköratoja pitkin. (Forrester – Dick – McMenamin – Lee 1999: 13–14; Schwartz 1998: 7, 16–19).

Homogeenisessa optisessa väliaineessa valo etenee suorina viivoina. Mitä kauempaa valo tulee, sitä pienempää on valonsäteiden hajonta. Äärettömyydestä tulevat valonsäteet ovat yhdensuuntaisia. Valonsäteet eivät muuta toistensa liikettä eli ovat riippumattomia toisistaan. Valon kohdatessa kahden väliaineen rajapinnan tapahtuu valonsäteiden heijastumista ja taittumista. Osa taittuvasta valosta absorboituu väliaineeseen. Väliaineiden taitekertoimet vaikuttavat valon taittumiseen. Taittuminen on sitä suurempaa, mitä suurempi ero valon nopeuksilla on sen kulkiessa väliaineesta toiseen. Valo kulkee tiiviimmässä väliaineessa hitaammin kuin harvemmassa. Valon suunnan muutosta silmässä kutsutaan refraktioksi eli taittumiseksi. (Rihlama 1997: 15; Saari 2001: 40–41, 288.)

Silmän kokonaistaittovoima on noin 60 dioptriaa (D). Silmän pituudesta ja etuosan taitto- voiman suuruudesta riippuen, katseltava kohde kuvautuu joko verkkokalvolle, sen taakse tai eteen. Emmetrooppisessa eli normaalitaitteisessa silmässä äärettömyydestä tulevat valonsäteet kuvautuvat suoraan verkkokalvolle. Normaalitaitteisessa silmässä katseltava kuva on tarkka ilman, että tarvitaan korjaavia linssejä tai silmän akkommo- daatiota. Kaukotaitteisessa eli hyperooppisessa silmässä valonsäteet kuvautuvat verk- kokalvon taakse ja likitaitteisessa eli myooppisessa silmässä verkkokalvon eteen. Kun kyseessä ei ole emmetrooppinen silmä tarvitaan akkommodaation tai korjaavien linssi- en apua, jotta kuva olisi tarkka verkkokalvon tasolla. (Fannin – Grosvenor 1996: 111, 164; Ledford – Daniels – Campbell 2006: 17.)



## 2.1 Silmän valoa taittavat osat

Värikalvo eli iiris säätelee pupilliaukon kokoa, joka voi vaihdella valon määrästä riippuen 1-8 mm. Pupilliaukon koko vaikuttaa silmään pääsevän valon määrään. (Forrester ym. 1999: 22.) Koska sarveiskalvo, etukammio, mykiö ja lasiainen ovat läpinäkyviä osia, pääsee näkyvä valo kulkemaan niiden lävitse kohti verkkokalvoa. Seuraavassa lyhyesti kaikki valon taittumiseen silmässä osallistuvat osat (ks. kuvio 1):

### 2.1.1 Sarveiskalvo

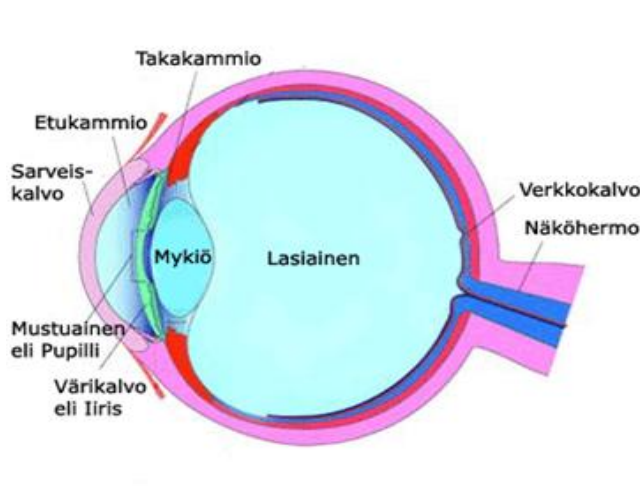
Sarveiskalvo on silmän voimakkaimmin valoa taittava pinta. Sarveiskalvon normaali taittovoima on noin 43D, joka käsittää noin 2/3 koko silmän taittovoimasta. Sarveiskalvo on kokonaan läpinäkyvä silmän uloin osa. Halkaisijaltaan se on noin 12mm. Sarveiskalvon vertikaalinen halkaisija on hieman pienempi kuin horisontaalinen. Sarveiskalvon paksuus on noin 0.5-0.6mm. Sarveiskalvon pintaa peittää ohut kerros kyynelnestettä, jonka osallistuminen valon taittumiseen on kuitenkin vähäistä. Valo taittuu silmässä voimakkaimmin sarveiskalvon etupinnalla, mikä johtuu sarveiskalvon (1,376) ja ilman (1,0) suuresta taitekerroin erosta. (Rabbetts 2007: 10–11.) Sarveiskalvon takapinnalla valon taittuminen on vähäisempää, koska sarveiskalvon takapinnan taitekerroin on lähes sama kuin etukammionesteen (1,336) (Ledford ym. 2006: 14).

### 2.1.2 Mykiö

Mykiö koostuu kahdesta osasta, kuoresta ja tumasta. Mykiön kuoren taitekerroin on 1,386 ja tumen taitekerroin on 1,406, mutta yleisesti mykiön kokonaistaitekertoimena pidetään arvoa 1,42. Mykiön kokonaistaittovoima on noin +19,11 D, kun silmä ei akkommodoi. Mykiön akkommodoidessa kokonaistaittovoima on +33,03 D. (Ledford ym. 2006: 15.) Mykiön tehtävänä on pitää silmän taittovoima tasapainossa ja mukauttaa sitä eri katse-etäisyyksille tarpeen mukaan. Tätä mykiön mukautumiskykyä kutsutaan akkommodaatioksi. Ikääntyessä mykiön elastisuus heikkenee, jolloin myös silmän mukautumiskyky pienenee.

### 2.1.3 Lasiainen

Lasiainen on läpinäkyvää geelimäistä ainesta, joka täyttää silmän onton takaosan. Lasiainen on yhteydessä mykiön takapintaan ja kammionesteeseen. Valon taittuminen lasiaisessa on hyvin vähäistä, koska sen koostumus on lähellä kammionesteen koostumusta. Näin ollen lasiaisen ja kammionesteen taitekertoimia pidetään yleensä samansuuruisina (1,336). (Rabbets 2007: 11–12.)



Kuvio 1. Silmä rakenne (Pfizer 2004.)

### 2.1.4 Verkkokalvo

Verkkokalvo on 0.2mm paksu silmän sisin kerros, joka muodostuu useista hermokudoskerroksista. Kun näköinformaatio saapuu verkkokalvolle, alkaa monimutkainen kuvanmuodostus. (Schwartz 1998: 4.) Verkkokalvon uloimmalla kerroksella, pigmenttiepiteelillä on monia fysikaalisia, optisia, aineenvaihdunnallisia ja tiedonkulkuun liittyviä tehtäviä, jotka yhdessä muodostavat tärkeän roolin kuvanmuodostuksessa. Pigmenttiepiteelin tehtävänä on mm. imeä valonsäteitä, varastoida ja kuljettaa aistinsolujen jätteitä ja vitamiineja, toimia esteenä verenkierron ja verkkokalvon välillä ja varastoida näköpigmenttejä sekä välittää niitä aistinsoluille. Pigmenttiepiteeli myös vähentää valon sirontaa silmässä ja näin ollen parantaa verkkokalvokuvan laatua. Pigmenttiepiteelin alla sijaitsevat verkkokalvon aistinsolut, sauvat ja tapit. Tapit vastaavat tarkasta näkemisestä ja aistivat värejä. Sauvat huolehtivat hämäränäöstä ja aistivat liikkeitä, kirkkautta ja kontrasteja. Verkkokalvon tehtävänä on myös tehdä päätös, mikä osa näköinformaatiosta lähetetään eteenpäin aivojen käsiteltäväksi. (Forrester ym. 1999: 34–35; Schwartz 1998: 6.)

### 3 Kontrasti ja kontrastiherkkyys

Suoritimme haitallisen harsoluminanssin mittaukset Glare 1.0 -tietokoneohjelmalla, joka mittaa havaitun kuvan kontrastikynnyksiä. Kontrastikynnysten avulla saadaan selville tutkittavan silmän haitallisen harsoluminanssin määrä.

Kontrastit voidaan määrittää kohteen minimi ja maksimi luminanssien (L) erotuksien suhteena.

$$(L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min})$$

Jotta kontrasti voidaan ilmoittaa prosentteina, saatu suhdeluku täytyy kertoa sadalla. Mustan (minimi kontrasti) kontrasti valkoisella (maksimi luminanssi) pohjalla on lähes 100 %. Päivittäisessä elämässä tulee kuitenkin esille myös tilanteita, jolloin kohteen ja taustan välinen luminanssiero on lähellä nollaa prosenttia, esimerkiksi lentokoneen tunnistus pilviseltä taivaalta. (Grosvenor 2007: 171.)

Kontrastikynnys tietylle paikkataajuudelle (spatiaali frekvenssi) saadaan alentamalla paikkataajuuden kontrastia kunnes henkilö näkee vain 50 % kyseisestä kuvioista. Mitä matalampi on henkilön kontrastikynnys, sitä korkeampi on henkilön kontrastiherkkyys. (Amos – Bartlett – Eskridge 1991: 498–499.)

Silmän näöntarkkuus pystytään suurin piirtein arvioimaan kontrastiherkkyiden perusteella, mutta näöntarkkuuden perusteella ei pystytä tekemään luotettavia päätelmiä henkilön kontrastiherkyydestä. Näöntarkkuus voi siis olla normaali, mutta alentuneen kontrastiherkyyden takia toiminnallisen näön koetaan olevan huono. (Elliot 1998: 208.) Näöntarkastustilanteessa kontrastierot pyritään maksimoimaan mahdollisimman mustilla testimerkeillä ja vaalealla taustalla (Grosvenor 2007: 170). Kontrasti ilmoitetaan yleensä prosentteina. Matalimman havaitun kontrastin käänteisluku kertoo henkilön kontrastiherkyyden. (Hyvärinen 2002.)

Silmän sisäisellä haitallisella harsoluminanssilla on aina kontrastiherkyyttä alentava vaikutus. Haitallinen harsoluminanssi alentaa verkkokalvolle muodostuvan kuvan kontrasteja. Mitä enemmän on haitallista harsoluminanssia, sitä heikompi on kontrastiherk-

kyys. Viisinkertainen valon siroaminen alentaa kontrastiherkkyyttä 20 %. Heikon kontrastiherkkyuden perusteella ei kuitenkaan voida vielä tehdä päteviä arvioita harsoluminanssin määrästä. (Van den Berg 2006: 9.)

### 3.1 Kontrastiherkkyteen vaikuttavia sairauksia

Monet silmä- ja yleissairaudet sekä silmän epänormaalit tilat aiheuttavat kontrastiherkkyden alenemista. Tällaisia ovat esimerkiksi kaihi, macula degeneraatio, korjaamaton myopia ja sarveiskalvon turvotus. Kaihi ja macula degeneraatio aiheuttavat taudin alkuvaiheessa vaurioita kontrastiherkkyteen korkeilla paikkataajuuksilla. Sairauksien edetessä kontrastiherkkyys alenee myös matalilla taajuuksilla. Pelkästään henkilön näöntarkkuuden perusteella ei voida arvioida kontrastiherkkyttä. On mahdollista, että henkilö, jolla on huonompi näöntarkkuus, näkee paremmin kuin henkilö, jonka näöntarkkuus on parempi. Tämä johtuu siitä, kuinka suuria vaurioita kontrastiherkkydessä on ja millä paikkataajuudella ne esiintyvät. On monia sairauksia, jotka alkuvaiheessaan aiheuttavat vaurioita kontrastiherkkyteen matalilla paikkataajuuksilla ennen näöntarkkuuden alenemista. Tällaisia sairauksia ovat mm. näköhermon tulehdus, MS-tauti, avokulma glaukooma, näköhermon turvotus, diabetes, näköradan puutokset sekä Parkinsonin ja Alzheimerin taudit. Korjaamaton astigmatismi voi myös aiheuttaa kontrastiherkkyden alentumaa. Monet iän mukanaan tuomat muutokset vaikuttavat enemmän matalakontrastiseen näkemiseen, kun kyse on samentuneesta mykiöstä, näköratojen verenkiertohäiriöistä ja pitkälle kehittyneestä glaukoomasta. Myös pienet macula-puutokset voivat pudottaa näöntarkkuuden 0.2 - 0.3-tasolle, mutta kontrastiherkkyys pysyy edelleen normaalilla tasolla. Näiden henkilöiden toiminnallinen näkeminen on silti melko hyvä. (Hyvärinen 2002; Elliot 1998: 208–209.)

### 3.2 Kontrastiherkkyden mittaaminen

Normaalinäköisten henkilöiden kontrastiherkkyttä tulee mitata, kun henkilöt hakeutuvat tiettyihin ammatteihin kuten lentäjiksi, tähystäjiksi, joukkoliikenteen kuljettajiksi, laminoijiksi ja lisäksi, kun työssä voi joutua tekemisiin hermostoon vaikuttavien kemiallisten aineiden kanssa (Hyvärinen 2002).

Kontrastiherkkyyttä mitataan joko kuvio- tai juovastotesteillä (Hyvärinen 2002). Koska testien rakenne ja tunnistettava merkki vaihtelevat suuresti, testit antavat erilaisia tuloksia eikä niitä voida suoraan verrata toisiinsa (Elliot 1998: 222). Myös tutkija saattaa vaikuttaa mittaustuloksiin, sillä jokaisella tutkijalla on oma tutkimustekniikkansa. Tuloksiin saattaa vaikuttaa myös potilaan rohkaiseminen vastaamaan testin aikana. (Grosvenor 2007: 175–176.) Kontrastiherkkyys mitataan kirkkaassa päivänvalossa tai sitä vastaavassa keinovalossa (fotooppinen ympäristö) (Rabbetts 2007: 54).

Kontrastiherkkyden mittaaminen on tärkeää, koska sen perusteella voidaan mm. diagnosoida alkava sairaus, aloittaa lääkitys aikaisemmin ja seurata taudin etenemistä. Myös esimerkiksi lieviä myrkytystiloja, joissa oireet ovat hyvin epämääräisiä, voidaan mahdollisesti todeta kontrastiherkkyden mittausta apuna käyttäen. (Hyvärinen 2002; Elliot 1998: 208–209.)

Esimerkkejä erilaisista kontrastiherkkyystesteistä:

1. The Pelli-Robson low contrast letter chart (ks. kuvio 2)
2. The Vistech VCTS ja FACT Contrast sensitivity charts
3. The Cambridge Low Contrast Gratings
4. The Arden Plate Test
5. The Electronically Generated Gratings
6. The Melbourne Edge Test
7. The VectorVision CSV-1000
8. The Mentor B-VAT II and B-VAT II SG
9. The Bailey-Lovie Chart (ks. kuvio 3)
10. The Regan Low-Contrast (Grosvenor 2007: 171–175.)

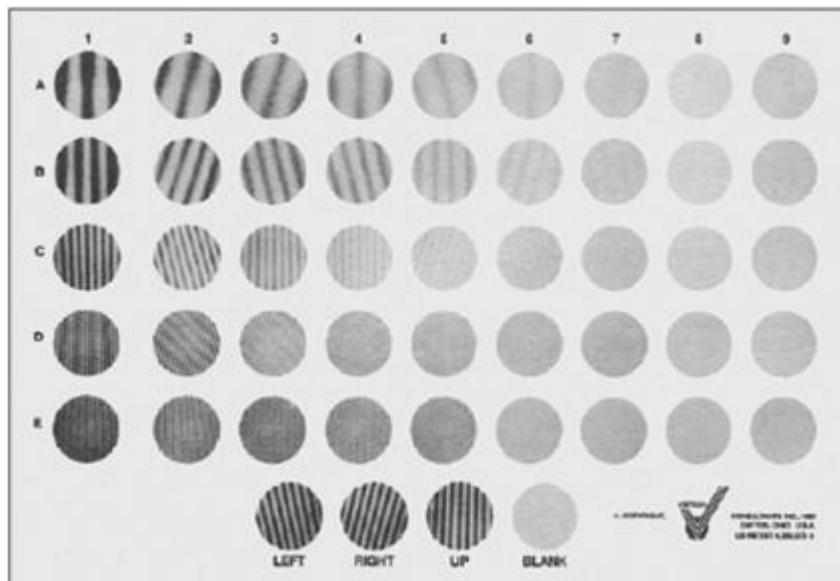


Kuvio 2. Pelli-Robson testi (Scottish Sensory Centre 2010).



Kuvio 3. Bailey-Lovie Chart (Precision Vision 2010).

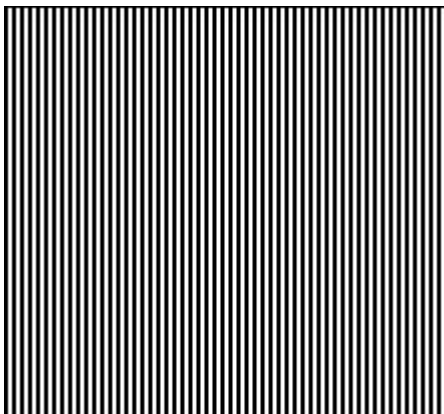
Paikkataajuudella eli spatiaali frekvenssillä tarkoitetaan juovastotaajuutta, joka laske-  
taan jakso-, juova tai astemääränä. Mitä tiheämpiä kuvion juovastojaksot ovat, sitä  
suurempi on kuvion juovastotaajuus. Tiheämmällä kuviolla on suurempi juovastotaa-  
juus kuin harvemmillä kuviolla. Yksi juovastojakso koostuu yhdestä tummasta ja yh-  
destä vaaleasta juovasta. Juovastotesteillä mitattaessa saman juovastotaajuuden erot-  
tamiskynnyksellä etsitään muuttamalla juovastojaksojen kontrastia. (Elliot 1998: 203;  
Schwartz 1998: 175–178.)



Kuvio 4. Vistech-juovastotesti (Grosvenor 2007: 172.) Kuvion yhdellä vaakarivillä on aina sama juovastotaajuus. Ensimmäisellä vaakarivillä juovastotaajuus on matala. Rivejä alaspäin siirryttäessä juovastotaajuus kasvaa. Rivien alussa kuvion kontrasti on suurempi ja kontrasti pienenee oikealle päin siirryttäessä.



Kuvio 5. Kuvion juovastossa on matala juovastotaajuus matalalla kontrastilla.



KUVIO 6. Kuvion juovastossa on korkea juovastotaajuus korkealla kontrastilla (Gutherie – Uslan – Schuchard - Smith 2010).

## 4 Häikäisy

Häikäisy on yksi haitallisen harsoluminanssin esiintymismuodoista (Van den Berg 2006: 2). Häikäisy voidaan määritellä vahvana epämiellyttävänä valona. Häikäisyn lähteet voivat olla joko suoria tai epäsuoria. Auringonvalo tai kirkkaat lamput voivat toimia suorina häikäisyn lähteinä. Epäsuoria häikäisyn lähteitä ovat taas esimerkiksi kirkkaat pinnat, joista valo heijastuu. Häikäisyä voidaan kokea eri tavalla.

### 4.1 Kiusahäikäisy

Kiusahäikäisy koetaan epämiellyttävänä tunteena, joka voi johtua kirkkaasta ympäristöstä. Kiusahäikäisyä voidaan kokea esimerkiksi luettaessa kirjaa kirkkaassa auringonvalossa. Kiusahäikäisyä on vaikea määritellä ja tästä johtuen sen määrittämiseen ei ole saatavilla klinisiä testejä.

### 4.2 Valoadaptaatiohäikäisy

Valoadaptaatiohäikäisy on näön alenemista, joka johtuu kirkkaan valolähteen hetkellisestä katselemisesta ja sen muodostamasta näkökenttään jäävästä jälkikuvasta, joka aiheuttaa hetkellisesti näkökentän keskeisen alueen puutoksen. Tämä häikäisymuoto voi olla erityisen ongelmallista henkilöille, joilla on maculan-alueen ongelmia, koska valoadaptaatio on linkitettyä verkkokalvon fotoreseptoreihin. Näkökentän keskeinen puutos syntyy, kun kirkas valonlähde aiheuttaa verkkokalvon tappisolujen fotopigmenttien tilapäisen valkaistumisen. Alle 5 sekuntia kestävä valon välähdys aiheuttaa fotokemiallisia muutoksia reseptoreissa muodostaen pitkäkestoisia (yli 15s) jälkikuvia.

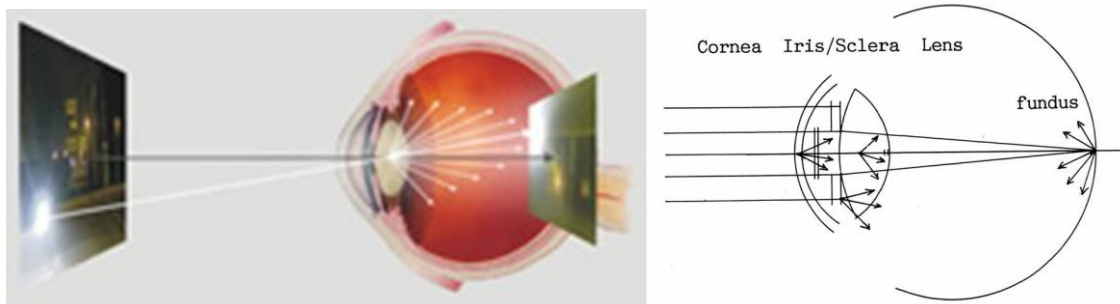
### 4.3 Kyvyttömyyshäikäisy

Kyvyttömyyshäikäisy ilmenee näön toiminnan alenemisena. Kyvyttömyyshäikäisy aiheutuu perifeerisestä häikäisylähteestä, esimerkiksi autoa ajettaessa likaiseen tuulilasiin osuva valo aiheuttaa kyvyttömyyshäikäisyä. Kyvyttömyyshäikäisy voi johtua myös silmän sisäisestä valon siroamisesta eli haitallisesta harsoluminanssista. Tämä häikäisymuoto on yleisimmin kliinisesti mitattavissa oleva häikäisymuoto. (Benjamin – Borish 1998: 271–272, 282.)



## 5 Haitallinen harsoluminanssi

Pimeällä vastaantulevan auton ajovalot koetaan usein häikäisevinä. Tämä on kaikille tuttu tilanne, joka johtuu haitallisen harsoluminanssin vaikutuksesta silmässä. Verkkokalvolle muodostuva kuva ajovaloista ei ole yhtä tarkka kuin alkuperäinen, koska auton ajovalot siroavat silmässä eri suuntiin (valkoiset nuolet, ks. vasen kuvio 7). Valon siroaminen muodostaa kuvan päälle valoharson, joka aiheuttaa kontrastien alenemista kuvassa. Tätä valoharsoa kutsutaan haitalliseksi harsoluminanssiksi.



Kuvio 7. Havainnollistava kuva haitallisen harsoluminanssin syntymisestä. Vasen kuva on todellinen näkymä, josta silmän optiset osat muodostavat kuvan verkkokalvolle (oikea kuva). Oikeanpuoleisessa kaaviokuvassa nähdään hajavaloa tuottavat optiset väliaineet ja syntyneen hajavalon suunta.

Haitallisen harsoluminanssin synnyttämiä näköoireita ovat mm. sumentunut näkö, lisääntynyt häikäistyminen sekä alentunut kyky nähdä kontrasteja ja värejä. Kirkkaiden valojen ympärille muodostuu valokehä/valoharso, jolloin esim. kasvojen tunnistus valoa vasten vaikeutuu. (Van den Berg 2006: 2–5.)

Haitallisen harsoluminanssin mittayksikkönä käytetään  $\log(s)$  -arvoa ( $\log(\text{straylight})$ ). Luku määrittää silmässä siroamattoman ja siroavan valon välisen suhteen. Mitä korkeampi  $\log(s)$  -arvo on, sitä enemmän on haitallista harsoluminanssia. Keskimäärin haitallisen harsoluminanssin määrä pysyy lähes muuttumattomana 40 ikävuoteen asti. Silmässä, jossa ei ole kaihia, haitallisen harsoluminanssin määrä kaksinkertaistuu 65 ikävuoteen mennessä ja kolminkertaistuu 77 ikävuoteen mennessä verrattuna nuoreen silmään. Keskimääräinen  $\log(s)$  -arvo terveelle, nuorelle silmälle on noin 0.87  $\log(s)$ . 40 ikävuoden jälkeen haitallisen harsoluminanssin arvo kohoaa ja 70-vuotiaana se on noin 1.2  $\log(s)$  ja 80-vuotiaana noin 1.4  $\log(s)$ . Todellisuudessa pystytään saavuttamaan myös paljon korkeampia arvoja. Yli 2.0  $\log(s)$  -arvoja voidaan mitata silmästä, jossa on

kaihi. Matalimpia arvoja (noin  $0.6 \log(s)$ ) voidaan mitata taas nuoresta, terveestä ja voimakkaasti pigmentoituneesta silmästä. Oletettava haitallisen harsoluminanssin määrä voidaan laskea kaavalla:

$$\log(\text{straylight parameters}) = \log(s) = C + \log(1 + (\text{ikä}/65)^4)$$

Kaavassa C tarkoittaa vakiota, jonka arvoksi on määritetty  $C = 0.87$ . Tämä arvo on määritetty sopivaksi kaikille siroatakulmille.  $0.3 \log(s)$  -arvon kasvu tarkoittaa kaksinkertaista haitallisen harsoluminanssin määrää. Edellämainittu kaava ja siihen liittyvät arvot ovat päteviä, kun haitallista harsoluminanssia mitataan C-Quant -mittarilla, josta lisää sivuilla 18–19. (Van den Berg ym. 2007: 358–360; Van den Berg 2006: 6.)

Silmän valoa taittavat osat eivät ole optisesti täydellisiä, jolloin tapahtuu valon siroamista. Haitallisen harsoluminanssin määrä on yksilöllistä ja saattaa vaihdella silmien välillä. Sarveiskalvo, iiris ja kovakalvo, mykiö ja silmänpohja ovat suurimpia haitallisen harsoluminanssin syntyyn vaikuttavat tekijät. Terveessä, nuoressa, kaukasialaisessa silmässä  $\frac{1}{3}$  haitallisesta harsoluminanssista syntyy sarveiskalvolla,  $\frac{1}{3}$  mykiöllä ja  $\frac{1}{3}$  iiriksellä, kovakalvolla ja silmänpohjalla. Haitallisen harsoluminanssin määrään vaikuttaa myös ikä, silmän pigmentaation määrä, patologiset muutokset ja mahdollisesti myös taittovirhekirurgia.

Sarveiskalvolla tapahtuva valon siroaminen säilyy lähes muuttumattomana iän myötä. Kuitenkin taittovirhekirurgia voi aiheuttaa ei-haluttua valon siroamista verkkokalvolla. Useat sarveiskalvon vauriot, esimerkiksi dystrofiat aiheuttavat voimakkaasti lisääntyntä haitallista harsoluminanssia. Joissakin tapauksissa näöntarkkuus säilyy hyvänä haitallisen harsoluminanssin lisääntyessä, kuten sarveiskalvon turvotuksissa. (Van den Berg 2006: 2–5.) Esimerkiksi piilolinssit saattavat aiheuttaa sarveiskalvon turvotusta, joka lisää valon siroamista (Schwarz 1998: 199). Erityisesti saostuneet ja naarmuiset piilolinssit lisäävät haitallisen harsoluminanssin määrää.

Iiris ja kovakalvo eivät ole täysin valoa läpäisemättömiä, jolloin iiriksen pigmentaatio vaikuttaa verkkokalvolle pääsevän valon määrään. Voimakkaasti pigmentoituneet ruskeasilmäiset päästävät vähemmän valoa verkkokalvolle kuin heikosti pigmentoituneet

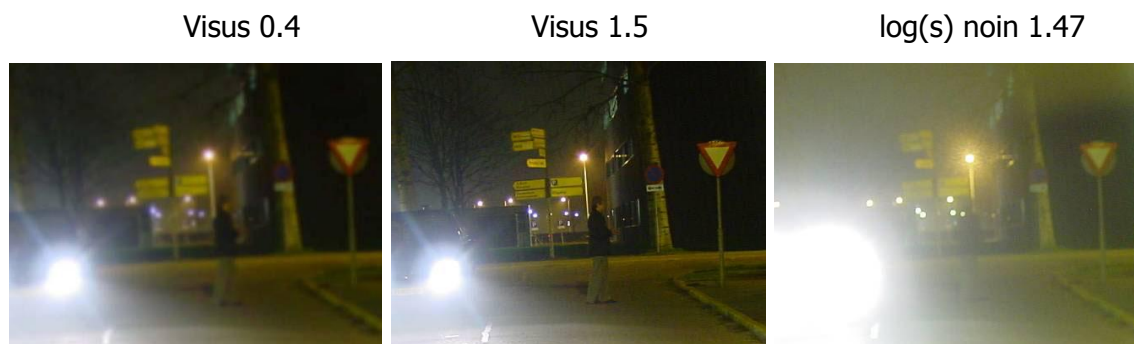
sinisilmäiset. Tästä johtuen ruskeasilmäisillä esiintyy vähemmän iiriksestä ja kovakalvosta aiheutuvaa haitallista harsoluminanssia.

Mykiön aiheuttama valon siroaminen lisääntyy ikääntyessä, erityisesti kaihiin yhteydessä. Kaihin kehittyessä ensimmäiset oireet liittyvät usein lisääntyneeseen haitalliseen harsoluminanssiin. Pimeässä ajaminen koetaan vaikeaksi häikäistymisen takia, jolloin monet lopettavat pimeällä ajamisen kokonaan.

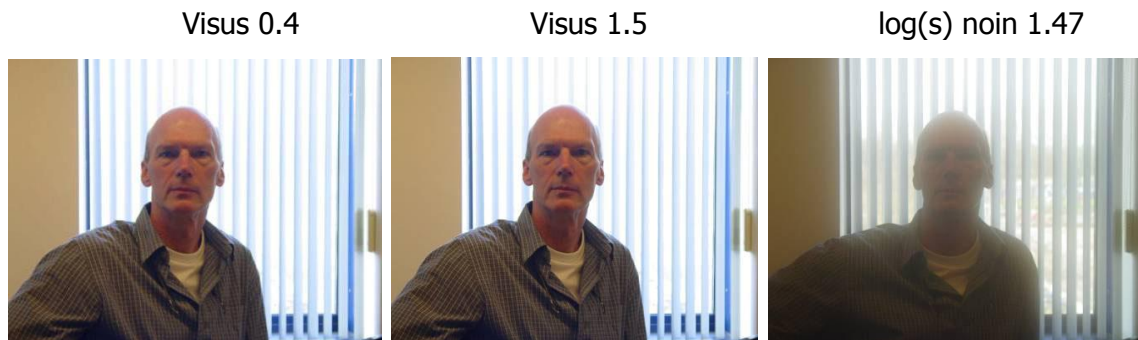
Lasiaisen samentumat voivat aiheuttaa suurta haitallisen harsoluminanssin kasvua, vaikuttamatta kuitenkaan näöntarkkuuteen. Silmänpohja ei absorboi kaikkea valoa, joten osa verkkokalvon tason saavuttaneesta valosta heijastuu takaisin ja siroaa eri puolille verkkokalvoa, aiheuttaen haitallista harsoluminanssia. Myös silmänpohjan pigmentaatio vaikuttaa sironneen valon määrään. (Van den Berg 2006: 2–5.)

### 5.1 Näöntarkkuuden vaikutus haitalliseen harsoluminanssiin

Haitallisen harsoluminanssin ja näöntarkkuuden välillä on vain heikko yhteys. Alhainen näöntarkkuus ei automaattisesti tarkoita samassa suhteessa kasvavaa haitallista harsoluminanssia. Haitallinen harsoluminanssi määritellään valon siroamisena isoissa kulmissa (1-90 astetta), kun taas näöntarkkuus määritellään valon pieninä poikkeamina ( $<0.1$ ). Esimerkiksi laitettaessa asiakkaalle +2.0 koelinssi, näöntarkkuus muuttuu, mutta haitallisen harsoluminanssin määrä pysyy samana. (Van den Berg 2006: 8.)



Kuvio 8. Vasemman puoleisessa kuvassa henkilön näöntarkkuus on noin 0.4. Keskimäinen kuva on normaalin silmän näkemä kuva ( $v=1.5$ ). Oikean puoleisessa kuvassa henkilöllä on lisääntynyttä haitallista harsoluminanssia ( $\log(s)$  noin 1.47).



Kuvio 9. Lisääntyneellä valon sironnalla on suurempi vaikutus näkemisen laatuun kuin alentu-  
neella näöntarkkuudella. (Van den Berg 2006: 2–3.)

## 5.2 Pupillikoon vaikutus haitalliseen harsoluminanssiin

Yleisesti koetaan, että häikäisy lisääntyy erityisesti pimeällä. Lisääntyneen häikäisyn uskotaan johtuvan pimeässä laajentuneesta pupilliaukosta, jolloin häikäisevää valoa pääsee silmään enemmän. On totta, että haitallisen harsoluminanssin määrä lisääntyy suurella pupilliaukolla, mutta myös siroamattoman valon määrä lisääntyy, jolloin näiden välinen suhde pysyy samana. (Van den Berg 2006: 7.) Ideaali pupilliaukon koko näön laadun kannalta on 2-5mm katseltavan kohteen etäisyydestä riippumatta. Kun pupilliaukko on pienempi kuin 2mm, saattaa syntyä valonsäteiden taipumista eli diffraktiota. Pupilliaukon halkaisijan ollessa enemmän kuin 5mm, sfääriset aberraatiot eli pallopinta-  
virheet alkavat taas häiritä kuvan laatua. (Ledford ym. 2006: 15.)

On kuitenkin mahdollista, että häikäisyssä tapahtuu yksilöllisiä muutoksia, esimerkiksi jos henkilöllä on mykiön samentuma. Tällöin on mahdollista, että häikäistyminen on vähäisempää suuremmalla pupilliaukolla. Kun halutaan selvittää haitallisen harsoluminanssin määrä pimeässä C-Quant -menetelmällä, pupillia ei ole tarpeen laajentaa, koska pupillikoon vaikutus haitallisen harsoluminanssin määrään on niin vähäinen. (Van den Berg 2006: 7.)

Van den Bergin ja hänen työryhmänsä kanssa tehdyssä tutkimuksessa mitattiin pupillikoon ja sirontakulman vaikutusta haitalliseen harsoluminanssiin sini- ja ruskeasilmaisilla henkilöillä käyttämällä LED- ja CRT -menetelmiä. LED -menetelmällä mitattaessa käytettiin keltaista valoa, joka ei sisällä punaista valoa. CRT-menetelmässä käytettiin val-

koista valoa. Tutkimus tehtiin "Compensation Comparison" -menetelmällä. LED -valolla mitattaessa tutkimus suoritettiin metrin etäisyydeltä ja CRT -valolla etäisyys oli 32cm. Tutkittavien refraktiivinen korjaus laitettiin koekehyksiin ja lähilissä määritettiin 32cm CRT -valolla mitattaessa. Tutkimuksessa käytettiin myös silmätippoja, mydriaatteja ja miootteja. Tutkimustilan valaistuksessa pyrittiin jäljittelemään tilannetta, joka vastaisi mahdollisimman paljon normaalia pimeä ajotilannetta. Tutkittaville väläytettiin sekunnin kestäviä kirkkaita, auton etuvalon kaltaisia häikäiseviä välähdyksiä. Haitallista harsoluminanssia mitattiin eri häikäisykulmista.

Tulosten analysoinnissa arvioitiin, miten valon siroamisen heterogeenisyys pupillitasolla, kovakalvon vähäinen valon läpäisevyys ja mykiön laitaosat vaikuttavat haitallisen harsoluminanssin määrään. Haitallista harsoluminanssia mitattaessa LED -valo antoi alhaisempia valon läpäisyarvoja. Tulos on ymmärrettävä, koska silmän seinä läpäisee lähinnä pitkiä aallonpituuksia, joita LED -valo ei sisällä juuri lainkaan. Vaaleasti pigmentoituneet silmät antoivat selkeästi korkeampia arvoja verrattaessa tummiin silmiin. Haitallisen harsoluminanssin määrän todettiin muuttuvan hyvin vähän pupillin ollessa 2 - 8mm. Pupillin halkaisijan kasvaessa 1mm, kasvaa haitallisen harsoluminanssin määrä keskimäärin 0.025 log(s). Pupillin ollessa alle 2mm ja häikäisykulman ollessa suuri, saattaa haitallisen harsoluminanssin määrä kasvaa merkittävästi, mikä johtuu silmän seinän valonläpäisevyydestä. Valon läpäisy vaihtelee suuresti riippuen silmän pigmentaatiosta. Suurimpia haitallisen harsoluminanssin arvoja oletetaan saavutettavan hyvin pienillä pupilliaukoilla, joita ei ole mahdollista saada aikaiseksi ihmissilmällä edes käyttämällä mioottisia tippoja. Tutkimuksessa selvisi, että pupilliaukon halkaisijalla on pieni vaikutus haitallisen harsoluminanssin määrään. Pimeä ajotilanteessa pupilli on suuri, mikä aiheuttaa sfäärisiä aberraatioita. Kirkkaan ajovalon (häikäisylähde) osuessa silmään, pupilli pienenee, jolloin myös sfääriset aberraatiot vähenevät merkittävästi, mutta korvautuvat samalla kiusahäikäisyllä. (Franssen – Tabernero – Coppens – Van den Berg 2007: 2375–2382.)

### 5.3 Kaihin ja keinomykiön vaikutus haitalliseen harsoluminanssiin

Haitallinen harsoluminanssi lisääntyy terveessä silmässä iän myötä. Määrä kasvaa huomattavasti mykiön ikääntyessä tai muiden silmässä tapahtuvien muutosten myötä. Kaihi on yksi merkittävästi haitallista harsoluminanssia lisäävä tekijä. Keskimäärin hai-

tallisen harsoluminanssin määrä terveessä silmässä pysyy muuttumattomana 40 ikävuoteen asti, kaksinkertaistuu 65-vuoden iässä ja kolminkertaistuu 77 ikävuoteen mennessä verrattuna nuoren ihmisen silmään. Vanha mykiö on tärkeä haitallisen harsoluminanssin aiheuttaja, vaikka se olisikin vielä kirkas. Mykiön värimuutokset alkavat noin 20–25-vuotiaana, jolloin mykiö alkaa hiljalleen muuttua kirkkaasta kellertäväksi. 65 ikävuoden jälkeen mykiön väri muuttuu ruskean sävyiseksi. Mykiön koko kasvaa koko elinajan aiheuttaen iän myötä lisää optisia häiriöitä.

Kaihileikkaus ja keinomykiö saattavat pudottaa haitallisen harsoluminanssin määrän nuoren silmän tasolle. Keinomykiö ei kuitenkaan poista muiden silmän optisten osien aiheuttamaa haitallista harsoluminanssia, jolloin henkilö voi saada keinomykiöstä huomatta korkeita tuloksia. Mahdollinen jälkikaihi on myös haitallista harsoluminanssia lisäävä tekijä. Silmään asennettavassa keinomykiössä ei ole lamelleja, se on kristallin kirkas ja 10 % ihmissilmän mykiön paksuudesta. Nämä tekijät mahdollistavat alhaisten haitallisen harsoluminanssin arvojen saavuttamisen. Keinomykiöllisten henkilöiden haitallisen harsoluminanssin määrä saattaa olla alhaisempi kuin terveellä silmällä. Tämän perusteella voidaan esittää kysymys, voisiko haitallisen harsoluminanssin korkea määrä olla yksi pääsykriteeri kaihileikkaukseen? (Van den Berg ym. 2007: 358–362.)

## 6 Haitallisen harsoluminanssin mittausmenetelmät

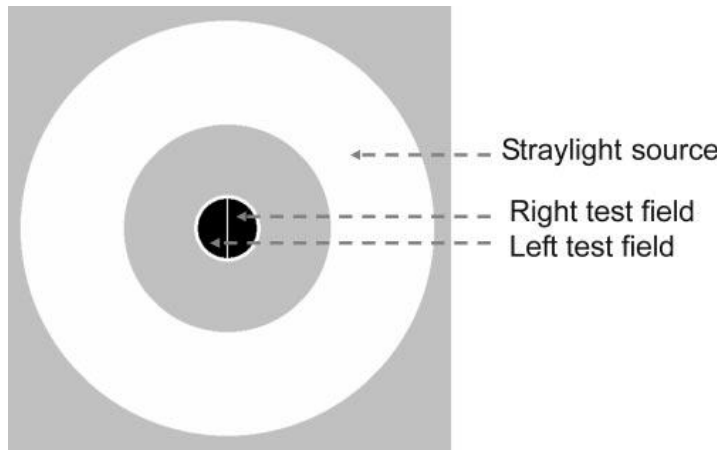
Häikäisytestejä on kehitetty kymmeniä erilaisia, mutta C-Quant -mittari on ollut ainoa laite, joka mittaa haitallisen harsoluminanssin määrää. C-Quant -mittari perustuu Compensation Comparison menetelmään. Compensation Comparison -menetelmä on johdettu aiemmin kehitellystä, yksinkertaisemmasta Direct Compensation -menetelmästä.

### 6.1 C-Quant, Compensation Comparison -menetelmä

Nykyinen C-Quant -mittari soveltuu satunnaisiin, yksittäisiin mittauksiin sekä rutiiniomaisiin kliinisiin tutkimuksiin. (Van den Berg 2005: 1–2.) Koska silmään menevällä ja takaisin heijastuneella valolla ei ole suoraa yhteyttä, on tärkeämpää mitata silmään menevän valon määrä, sillä se kertoo sen, miten asiakas näkee ja kokee häikäisyn. C-Quant -mittarilla pystytään siis mittaamaan haitallisen harsoluminanssin määrä juuri sellaisena kuin asiakas sen itse kokee. (Van den Berg 2006: 10.)

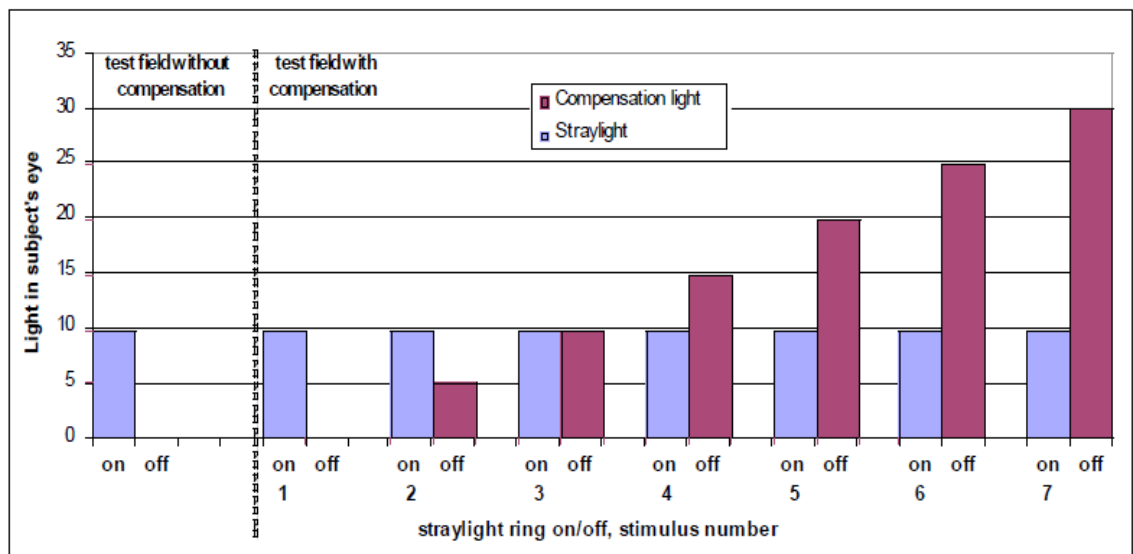
### 6.2 Compensation Comparison -menetelmän toimintaperiaate

Compensation Comparison -menetelmässä testikuvio muodostuu renkaan muotoisesta haitallisen harsoluminanssin lähteestä ja sen keskellä olevasta kahteen osaan jaetusta testikentästä. Toinen puoli testikentästä on kokoajan musta ja toiselle puolelle lisätään tasapainotusvaloa sattumanvaraisesti. Mittauksen aikana tuleva ärsykevalo tulee lyhytkestoisina ”pulsseina”. Myös testikentän musta puoli (se, johon ei ole lisätty kompensatiovaloa) havaitaan välkkyvänä haitallisen harsoluminanssin takia. Puoli, johon on lisätty kompensatiovaloa, välkkyä haitallisen harsoluminanssin ja kompensatiovalon vaikutuksesta. Kompensaatiovalon avulla tämän puolen välkkymistä voidaan säädellä. Kompensaatiovalon määrästä riippuen välkkyminen voi olla voimakkaampaa tai heikompa kuin testikentän toisella puolella, johon ei lisätä kompensatiovaloa. Asiakkaan tehtävänä on vertailla testikentän eri puolia ja päättää kumpi puoli välkkyä enemmän, vaikka testikentän puolien välillä ei havaittaisi eroa (2AFC = two alternative forced choice). Asiakkaalle tulee kertoa, että välillä hänen on pakko arvata.



Kuvio 10. Compensation Comparison menetelmän testikuvio. (Franssen – Coppens – Van den Berg 2006.)

Menetelmässä joka ärsykekerralla kompensatiovaloa lisätään kunnes löydetään kohta, jossa kompensatiovalon ja haitallisen harsoluminanssin määrät ovat yhtä suuret (ks. kuvio 11. kohta 3). Haitallisen harsoluminanssin määrä silmässä on joka ärsykekerralla sama. Tällöin asiakas ei havaitse välkkymistä ollenkaan testikentän puolella, johon on lisätty kompensatiovaloa. Asiakkaan on siis helppo tehdä päätös siitä, että testikentän puoli ilman kompensatiovaloa välkkyi voimakkaammin. Kun on saavutettu kohta, jossa kompensatiovalon ja haitallisen harsoluminanssin määrät ovat yhtä suuret, tutkija on tietoinen lisätyn kompensatiovalon määrästä, joka kertoo samalla myös asiakkaan haitallisen harsoluminanssin määrän.



Kuvio 11. Kompensatiovalon määrää muuttamalla haetaan kohta, jossa haitallisen harsoluminanssin ja kompensatiovalon määrä on yhtä suuri (Franssen ym. 2006: 768–770).



## 7 Glare 1.0 -ohjelma

Glare 1.0 on dosentti Risto Näsänen kehittämä haitallista harsoluminanssia mittaava tietokoneohjelma. Siinä haitallisen harsoluminanssin määrä saadaan selville mittaamalla kirjainkontrastiherkkyys ilman häikäisylähdettä ja häikäisylähteen kanssa, ja laskemalla mitattujen kontrastikynnysten välinen suhdeluku. Tutkimuksessa olemme mitanneet haitallisen harsoluminanssin määrää Glare 1.0 -ohjelmalla.

### 7.1 Yleinen toimintaperiaate

Kaikki optiset systeemit ovat epätäydellisiä, jolloin kuva valopisteestä ei näy pisteenä vaan pieni osa valosta hajoaa, mikä saa valopisteen näyttämään hieman samealta. Matemaattista kuvausta valon hajoamispisteestä kutsutaan valopisteen hajoamisfunktiksi. Osa valosta hajoaa hyvinkin etäälle valonlähteestä. Tätä kauas hajoavaa valoa kutsutaan haitalliseksi harsoluminanssiksi, joka aiheuttaa kyvyttömyyshäikäisyä. Näkökentässä oleva kirkas valonlähde aiheuttaa kyvyttömyyshäikäisyä, jolloin näkeminen vaikeutuu ja erityisesti tummia kohteita on hankalaa havaita. Haitallinen harsoluminanssi heikentää näkyvyyttä, koska se alentaa verkkokalvolle muodostuvan kuvan kontrastia.

Perusajatus kaikille silmän haitallista harsoluminanssia mittaaville menetelmille on arvioida häikäisyn vaikutusta verkkokalvokuvan kontrastiin. Glare 1.0 -ohjelmassa matala-kontrastisten kirjainten ympärillä oleva valkoinen rengas toimii häikäisyn lähteenä. Ohjelma mittaa kontrastikynnyksen kirjainten tunnistukselle häikäisyn kanssa ( $c_g$ ) ja ilman ( $c_o$ ) sitä. Kontrastikynnysarvot ovat korkeampia häikäisyn kanssa kuin ilman. Kontrastikynnyksistä on mahdollista laskea ekvivalentti luminanssi ( $L_{eq}$ ) häikäisyn kanssa eli toisin sanoen luminanssi, joka on hajonnut verkkokalvolle kuvautuvan kirjaimen päälle.

Glare 1.0 -ohjelma käyttää Weberin kontrastikaavaa:  $c = A/L_o$ . A on luminanssiero kirjaimen ja taustan välillä ja  $L_o$  on taustan luminanssi.

Kontrastikynnyksen kaava on  $c_o = A_o/L_o$  (1), kun häikäisyä ei ole.

Kontrastikynnyksen kaava häikäisyn kanssa on  $c_g = A_g/L_o$  (2).

Häikäisystä johtuva kontrastikynnyksen kasvu on puhtaasti seurausta alentuneesta verkkokalvokuvan kontrastista, joka on puolestaan seurausta lisääntyneestä valon hajoamisesta testikirjaimen ympärillä. Täten silmän sisäinen neuraalinen kontrastiherkkyys pysyy muuttumattomana.

Tästä saadaan kaava  $c_o = A_o/L_o = A_g/(L_o + L_{eq})$  (3).

Yhtälöstä (2) käy ilmi, että  $A_g = c_g L_o$ . Lisäämällä tämä kaavaan (3) saadaan  $c_o = c_g L_o/(L_o + L_{eq})$  (4).

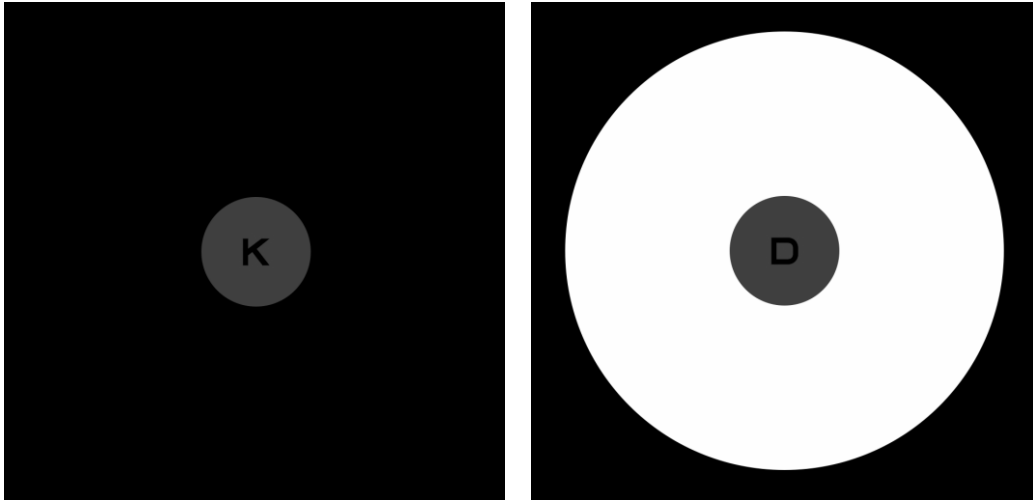
Tästä yhtälöstä voidaan ratkaista ekvivalentti luminanssi kaavalla  $L_{eq} = (c_g/c_o - 1)L_o$  (5). Täten kirjaimen ympärille hajoavan valon määrä voidaan laskea kontrastikynnysten perusteella häikäisyn kanssa ja ilman sitä.

Haitallisen harsoluminanssin suhteellinen määrä voidaan määritellä vertaamalla arvoa  $L_{eq}$  valon määrään, joka olisi hajonnut normaalissa silmässä. Standardi katselijan häikäisyherkkyys vähenee käänteisessä suhteessa verrattuna kohteen sivusuuntaiseen etäisyyteen.

## 7.2 Mittaustekniikka

Kontrastikynnykset määritetään häikäisyn kanssa ja ilman käyttäen portaittaista algoritmia (Wetherill and Levitt, 1965). Kahta portaittaista algoritmia käytetään rinnakkain, jolloin testikirjain esitetään tutkittavalle ajoittain häikäisyn kanssa ja ilman. Tutkittavan tehtävänä on tunnistaa kirjain kirkkaan valkoisen renkaan kanssa (häikäisyn lähde) ja ilman sitä. Renkaan sisäreunan halkaisija on 6 näkökulma-astetta ja ulkoreunan halkaisija 12 näkökulma-astetta (ks. kuvio 12). Ohjelmassa käytetään Sloanin kirjaimia (Sloan 1959) sekä kirjaimia A, B ja Z, jotka eivät kuulu alkuperäisiin Sloanin kirjaimiin. Testissä käytetyt kirjaimet ovat siis A, B, D, H, K, N, O, R, S, U, V ja Z. Kirjainten korkeus on 1.5 näkökulma-astetta. Kirjaimet esitetään renkaan sisäpuolella, jonka luminanssi taustaan verrattuna on 3 %. Tunnistettava kirjain näkyy näytöllä 300 ms ajan. Kirjaimia näytetään vaihtelevilla kontrasteilla, mutta ensimmäisen kirjaimen kontrasti on kaikille sama. Portaittainen algoritmi toimii periaatteella, jossa kaksi perättäistä oi-

keaa vastausta vähentää kohteen kontrastia kertoimella 1.41. Jokaisen väärän vastauksen jälkeen kirjaimen kontrasti kasvaa samalla kertoimella. Tämän seurauksena oikeiden vastausten mahdollisuus on 69 %.



Kuvio 12. Vasemman puoleisessa kuvassa testikirjan on ilman häikäisyä ja oikean puoleisessa kuvassa testikirjan on häikäisevän renkaan ympäröimänä. (Risto Näsänen 2010.)

## 8 Tutkimuksen kulku ja tavoitteet

Haitallinen harsoluminanssi on hyvin vähän tutkittu aihe. Tällä hetkellä käytössä on vain yksi ilmiötä mittaava laite, jossa käytetään hollantilaisen Tom van den Bergin kehittämää Compensation Comparison -mentelmää, johon viittaamme tarkemmin sivulla 18. Compensation Comparison -menetelmä on osoittanut haitallisen harsoluminanssin lisääntyvän merkittävästi iän myötä. Muita tärkeimpiä haitallisen harsoluminanssin määrään vaikuttavia tekijöitä ovat pigmentaatio, patologiset muutokset ja refraktiivinen kirurgia. Tutkimuksessamme mittasimme normaaliarvot Risto Näsäsen kehittämälle haitallista harsoluminanssia mittaavalle Glare 1.0 -ohjelmalle. Tutkimuksen lähtöoletuksena oli, että mittaustuloksissa näkyisi myös haitallisen harsoluminanssin lisääntyminen iän myötä.

Opinnäytetyömme aiheen saimme lehtori Juha Päällysaholta syksyllä 2009, jolloin aloitimme tutustumisen haitallista harsoluminanssia käsittelevään aineistoon. Keväällä 2010 kirjoitimme opinnäytetyömme teoriaosuutta ja jatkoimme lähdekirjallisuuden lukemista. Alkututkimukset ja haitallisen harsoluminanssin mittaaminen 60cm:stä tehtiin huhtikuussa 2010. Mittausten jälkeen tutkimustulokset kirjattiin Excel -taulukkoon. Syksyllä tutkimustulokset syötettiin SPSS -ohjelmaan, jonka avulla saatiin kuvio mittaustulosten hajonnasta. Normaaliarvokäyrä saatiin piirrettyä Excel -ohjelmalla. Tulosten analysointi ja loput teoriaosuudesta kirjoitettiin lokakuun loppuun mennessä.

### 8.1 Tutkimustila

Tutkimustilana toimi verhoilla eristetty huone, jossa valaistusolosuhteet ja mittaustäisyydet pystyttiin pitämään vakioina. Haitallista harsoluminanssia mitattaessa huone oli pimeä. Haitallisen harsoluminanssin mittaaminen tehtiin Glare 1.0 -ohjelmalla, 21,3 tuuman kokoisella Eizo FlexScan S2100 LCD monitorilla, jonka harmaansävyjen toist ominaisuus on erittäin tarkka (soveltuu kontrastikuvien katseluun).

### 8.2 Tutkimusotos

Tutkimukseen osallistui 41 henkilöä, jotka olivat iältään 20–72-vuotiaita. Tutkittavien keski-ikä oli 38.7 vuotta. Tutkimusotos valittiin satunnaisesti ja ikäjakaumaltaan mah-

dollisimman laajasti. Tutkittavat koostuivat koulumme opiskelijoista, henkilökunnasta ja tuttavistamme. Tutkittavat karsittiin haitallisen harsoluminanssin mittaukseen tarkasti anamneesin ja alkututkimusten perusteella. Viisi koehenkilöä suljettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska he eivät täyttäneet tutkimukseen vaadittavia kriteereitä jollakin alkututkimusten osa-alueella.

### 8.3 Alkututkimukset

Haitallisen harsoluminanssin mittaukseen osallistuvat henkilöt valittiin alkututkimusten perusteella. Ennen haitallisen harsoluminanssin mittaamista henkilöille tehtiin anamneesi, jolla poissuljettiin ne henkilöt, joilla oli silmäsairauksia ja silmiin vaikuttavia yleissairauksia. Myös henkilöt, joille oli tehty silmämunaan kohdistuva leikkaus, suljettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Alkututkimuksissa tutkittavilta otettiin autorefraktometri -arvot, jotka laitettiin koekehyksiin. Näillä arvoilla tutkittavilta mitattiin kaukoveisukset valotaululla neljästä metristä. Tutkittavien kummankin silmän kaukoveisuksen tuli olla vähintään 1.0. Haitallisen harsoluminanssin mittaaminen ei kuitenkaan vaadi täydellistä refraktion korjaamista (Franssen ym. 2007: 2377). Mikäli autorefraktometri antoi tutkittavalle hyvin pienet voimakkuudet, eikä tutkittavalla ollut käytössä silmälasia, haitallisen harsoluminanssin mittaus suoritettiin ilman koekehyksiä. Tällä pyrittiin varmistamaan tutkittavalle mahdollisimmat normaalit katseluolosuhteet, koska hänellä ei ole silmälasia käytössä normaalioloissakaan. Tämä kuitenkin edellytti, että tutkittavan tuli saavuttaa kummallakin silmällä vähintään 1.0 näöntarkkuus. Autorefraktometriarvojen perusteella tutkittavat, joiden sylinterivoimakkuudet olivat yli 2.0 dioptriaa, jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Koska haitallisen harsoluminanssin mittaus tapahtui 60cm:n etäisyydeltä, ikänäköisille määritettiin lähilisa 60cm lukutaululla. Seuraavaksi tutkittaville tehtiin silmämikroskopiatutkimus. Ensin suoritettiin silmän ulkoinen tarkastelu ja varmistettiin punaheijasteen olevan normaali. Seuraavaksi tutkittiin mykiö ja väliaineet. Tutkittavilta edellytettiin, että väliaineet olivat kirkkaat ja mykiö ikään nähden normaali. Vanhemmilla tutkittavilla mykiössä oli havaittavissa normaaliin ikääntymiseen liittyviä muutoksia, kuten kellertävyyttä. Lopuksi mittasimme tutkittavilta kyynelfilmin "break-up time" -arvot (BUT) molemmista silmistä. BUT-arvon tuli olla vähintään viisi sekuntia, jotta kuivasilmäisyydestä kärsivät saatiin karsittua pois tutkimusjoukosta.

Edellä mainitut alkututkimukset suoritettiin, jotta haitallisen harsoluminanssin mittaukseen saatiin kaikin puolin mahdollisimman normaaleja ja terveitä silmiä. Suurimmalle osalle tutkittavista alkututkimukset ja haitallisen harsoluminanssin mittaus tehtiin eri päivinä, jotta mikroskopiointiin aiheuttama häikäisy ei vaikuttaisi haitallisen harsoluminanssin mittaustuloksiin. Osalle tutkittavista haitallisen harsoluminanssin mittaus jouduttiin tekemään ennen mikroskopiointia, koska heillä ei ollut mahdollisuutta osallistua toiseen mittauskertaan. Näiden henkilöiden haitallisen harsoluminanssin mittaustulosten mukaan ottaminen varsinaiseen tutkimukseen päätettiin jälkeinpäin suoritettujen alkututkimusten jälkeen.

#### 8.4 Haitallisen harsoluminanssin mittaaminen

Kaikki haitallisen harsoluminanssin mittaukset tehtiin samassa huoneessa. Mittausten aikana huoneen valaistus oli mahdollisimman pieni. Haitallisen harsoluminanssin mittaus suoritettiin 60cm etäisyydeltä yhteensä 41 henkilölle eli tutkimuksessa mitattiin yhteensä 82 silmän haitallinen harsoluminanssi. Mittauksen aluksi kerroimme testin perusajatuksen ja ohjeistimme tutkittavia testin suorittamisesta. Tutkittava asetettiin 60cm:n etäisyydelle näytöstä. Seuraavaksi varmistettiin, että tutkittava silmä ja näytön testimerkki olivat samassa linjassa ja samalla korkeudella. Ennen testin aloitusta tarkistettiin mahdollinen lähilisen tarve. Ei-tutkittava silmä peitettiin peittolapun avulla ja tutkittava silmä totutettiin pimeään valaistukseen sammuttamalla valot hyvissä ajoin ennen testin aloittamista. Tutkittavalle kerrottiin, että hänen tehtävänsä olisi tunnistaa näytöllä nopeasti välähtäviä kirjaimia, jotka olisivat välillä häikäisevän renkaan ympäröimiä. Kirjainten kontrastin kerrottiin vaihtelevan suuresti testin kuluessa. Toisinaan kirjaimen kontrasti on niin matala, että kirjaimen tunnistus saattaa olla hyvin hankalaa. Tällaisissa tilanteissa tutkittavaa pyydettiin mielummin arvaamaan jotain kirjainta, kuin jättää kokonaan vastaamatta. Kirjaimen välähdettyä näytöllä tutkittava kertoi ääneen tunnistamansa kirjaimen, jonka jälkeen mittaaja merkitsi vastauksen ylös. Mikäli tutkittava ei kuitenkaan pystynyt edes arvaamaan, vastaus kirjattiin z-kirjaimena. Seuraava kirjain välähti näytöllä vasta sen jälkeen, kun edellinen vastaus oli kirjattu ylös. Ohjelma syöttää kirjaimia sattumanvaraisesti, ilman tutkijan mahdollisuutta vaikuttaa seuraavaan kirjaimeseen. Testin suorittamiseen kului aikaa keskimäärin 3,04 minuuttia / silmä. Tutkittavan vastausnopeus vaikutti testin suorittamisaikaan. Haitallisen harsoluminanssin määrä / silmä saatiin selville keskimäärin 31 kirjaimen tunnistuksen jälkeen.

## 8.5 Lisämittaukset

Koska haitallisen harsoluminanssin mittaus antoi 20–39-vuotialle oletettua korkeampia arvoja, suoritimme lisämittauksia pidemmiltä testietäisyyksiltä. Oletimme korkeiden arvojen johtuvan mahdollisesti silmän akkommodaation vaikutuksesta, jolloin pidempi testietäisyys antaisi todennäköisesti matalampia arvoja. Lisämittauksilla halusimme selvittää akkommodaation vaikutusta tutkimustuloksiin. Oletuksemme oli, että pidempi testietäisyys vähentäisi haitallisen harsoluminanssin määrää alle 40-vuotiailla. Testietäisyyden kasvaessa akkommodaation vaikutus vähenee.

Suoritimme lisämittaukset metrin ja kahden metrin etäisyydeltä viidelle tutkittavista. Viisi lisätutkimukseen valittua henkilöä olivat iältään 20–24-vuotiaita, joilla oletettiin nuoren iän takia olevan tarpeeksi suuri akkommodaatiolaaajuus. Lisämittausten tuloksista lisää tutkimustuloksissa.

## 9 Tutkimustulokset

Tutkimuksen mittaustulokset syötettiin SPSS -ohjelmaan, jonka avulla tuloksista saatiin kuvio tulosten hajonnasta (ks. kuvio 17). Tutkimustuloksista piirrettiin vastaavanlainen normaaliarvokäyrä kuin C-Quant -mittarin tuloksista oli aikaisemmin tehty. C-Quant -mittarin tuloksista on piirretty normaaliarvokäyrä jo aikaisemmin mainitun kaavan avulla:  $\log(s) = C + \log(1 + (\text{ikä}/65)^4)$ . Kaavassa C on vakio, joka tarkoittaa nuoren ja terveen silmän keskimääräistä haitallisen harsoluminanssin määrää. C-Quant -mittarin aineistossa vakio  $C = 0.87$ . Glare 1.0 -ohjelman mittaustulosten perusteella vakio  $C = 1.34$ . Vakio C laskettiin 20–39-vuotiaiden mittaustulosten keskiarvoksi. Haitallisen harsoluminanssin on todettu pysyvän lähes muuttumattomana 40 ikävuoteen asti, jonka perusteella laskimme vakio C:n 20–39-vuotiaiden tuloksista. Glare 1.0 normaaliarvokäyrä piirrettiin käyttämällä kaavaa  $\log(s) = 1.34 + \log(1 + (\text{ikä}/65)^4)$ .

### 9.1 Tutkimustulosten analysointi

Haitallisen harsoluminanssin mittaustulokset merkittiin C-Quant normaaliarvokäyrän päälle. Jo mittausten alkuvaiheessa huomasimme Glare 1.0 -ohjelman antavan selkeästi korkeampia arvoja erityisesti nuorilla johtuen osittain erilaisesta mittaustehtävästä (kirjaimen tunnistus). Normaaliarvokäyrän piirtämiseen käytetyn kaavan vakio C on alle 40-vuotiaiden haitallisen harsoluminanssin keskiarvotulos. Koska alle 40-vuotiaat saivat odotettua korkeampia mittaustuloksia, myös vakio C muodostui Glare 1.0 -ohjelmalle selkeästi korkeammaksi verrattuna C-Quant -mittarin vakioon C. Akkommodaatio saattaa olla yksi syy alle 40-vuotiaiden korkeisiin tuloksiin ja korkeaan vakio C:n arvoon. Mikäli akkommodaation vaikutus mittaustilanteessa saataisiin minimoitua nuorten tutkittavien kohdalla, saavutettaisiin todennäköisesti matalampia haitallisen harsoluminanssin mittaustuloksia, jolloin myös vakio C olisi pienempi. Tällöin C-Quant -mittarin ja Glare 1.0 -ohjelman normaaliarvokäyrät (ks. kuvio 15 ja 16) olisivat lähempänä toisiaan ja näin ollen helpommin verrattavissa keskenään. Akkommodaation mahdollista vaikutusta pyrimme selvittämään lisämittauksilla, joista lisää sivuilla 28–29.

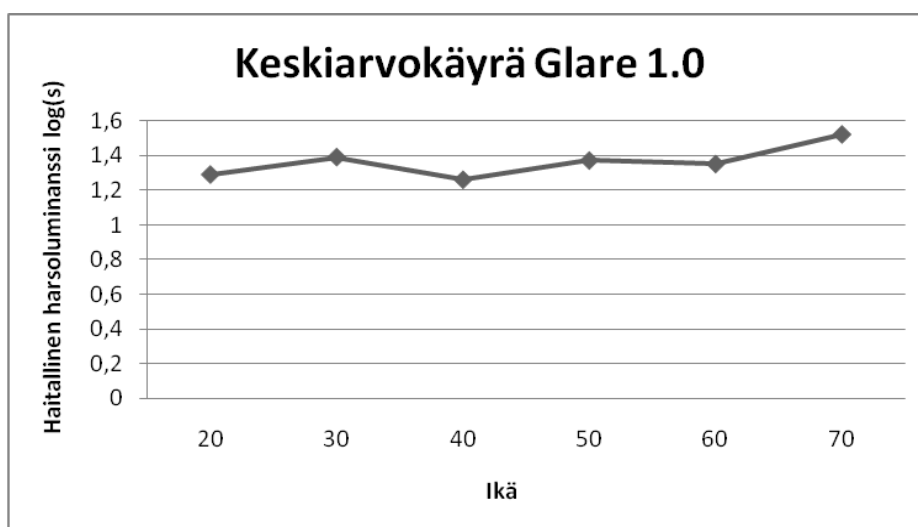
Oletuksemme oli, että haitallisen harsoluminanssin määrä lähtee tasaiseen nousuun noin 40 ikävuoden jälkeen. Mittaustulosten perusteella näin ei kuitenkaan tapahtunut (ks. kuvio 13). Esimerkiksi 50–59- ja 60–69-vuotiaat saivat alhaisempia  $\log(s)$  -arvoja



kuin 30–39-vuotiaat. Kuitenkin alhaisimmat arvot saavutettiin 20–29-vuotiailla ja korkeimmat arvot 70–79-vuotiailla. Tämän perusteella haitallisen harsoluminanssin määrä kasvaa iän myötä, vaikka sen määrä ei aineistossamme kasva oletetusti (ks. kuvio 14).

Glare 1.0 keskiarvot	
ikä	log(s)
20–29	1.29
30–39	1.39
40–49	1.26
50–59	1.37
60–69	1.35
70–79	1.52

Kuvio 13. Haitallisen harsoluminanssin keskiarvot ikäryhmittäin Glare 1.0 -ohjelmalla.



Kuvio 14. Haitallisen harsoluminanssin mittaustulosten keskiarvot ikäryhmittäin.

## 9.2 Glare 1.0 lisämittaukset

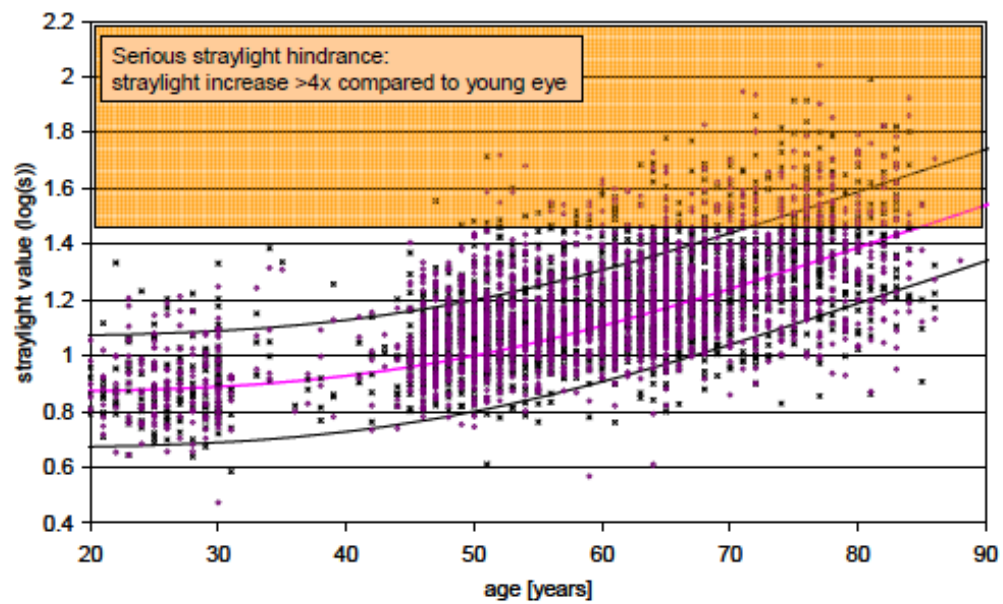
Mittaustulokset 60cm antoivat erityisesti alle 40-vuotiaiden kohdalla oletettua korkeampia haitallisen harsoluminanssin arvoja. Tämän oletettiin johtuvan akkommodaation vaikutuksesta. Siksi päätettiin tehdä lisämittauksia metrin ja kahden metrin etäisyydeltä, jotta akkommodaation mahdollinen vaikutus selviäisi. Lisämittaukset suoritettiin viidelle 20–23-vuotiaalle. Metrin etäisyydeltä mitatuissa haitallisen harsoluminanssin

arvoissa ei ollut merkittävää eroa verrattuna 60cm:n etäisyydeltä mitattuihin arvoihin. Kahden metrin etäisyydeltä suoritettut mittaukset puolestaan antoivat merkittävästi alhaisempia arvoja (ks. Liite 3). Tulokset kahden metrin etäisyydeltä eivät kuitenkaan ole täysin päteviä. Testietäisyyden kasvaessa myös testikuvio kasvaa ja kahden metrin etäisyydeltä mitattaessa testikuvio ei enää kokonaisuudessaan mahtunut 21,3 tuuman näytölle. Testikuvion ympärillä välähtävä häikäisevä valkoinen rengas ei mahtunut kokonaan näytölle, jolloin häikäisyn vaikutus ei ole suhteessa sama kuin mitattaessa 60cm:n tai metrin etäisyydeltä. Tästä syystä kahden metrin etäisyydeltä mitattuja arvoja ei voida pitää pätevinä, eikä niiden perusteella pysty tekemään varmoja päätelmiä akkommodaation vaikutuksesta haitallisen harsoluminanssin arvoihin. Edellä mainituista syistä emme analysoi metrin ja kahden metrin etäisyydeltä saatuja tuloksia.

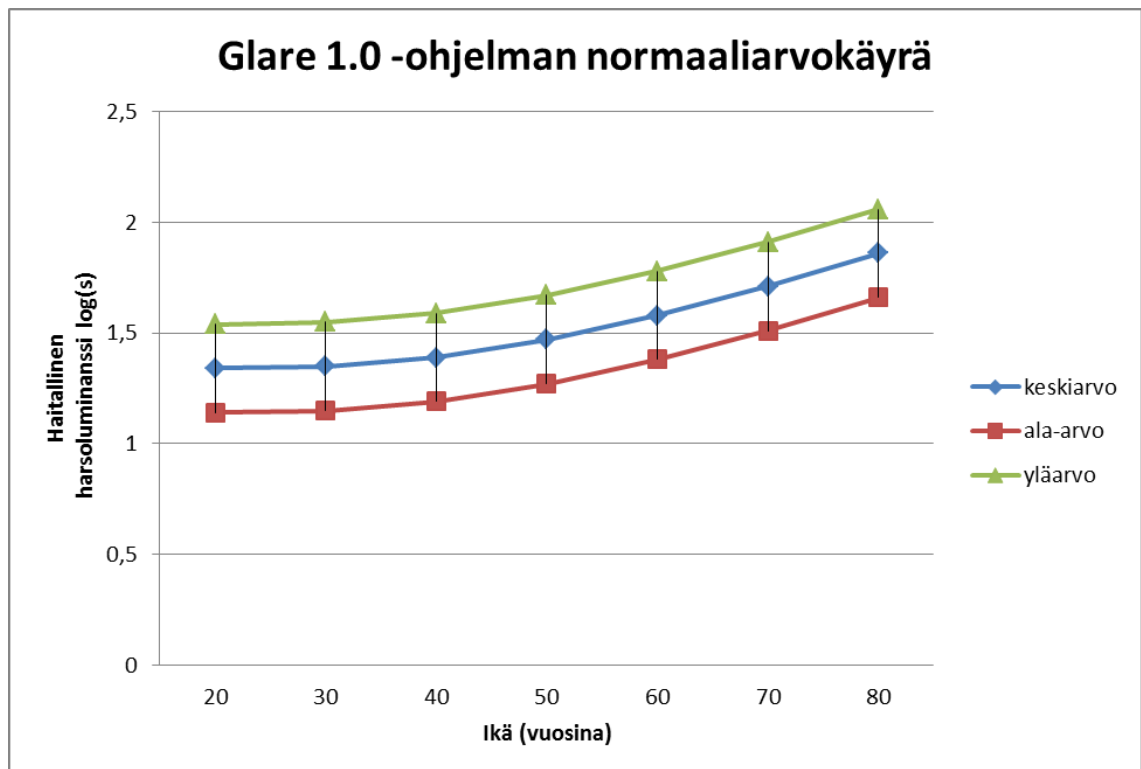
### 9.3 C-Quant ja Glare 1.0 normaaliarvokäyrien vertailu

C-Quant -mittarin sekä Glare 1.0 -ohjelman tulosten perusteella muodostetut normaaliarvokäyrien keskiviivat ovat laskettu kaavalla,  $\log(s) = C + \log(1 + (\text{ikä}/65)^4)$ . C-Quant -mittarin normaaliarvokäyrässä (ks. kuvio 15)  $C = 0.87$  ja Glare 1.0 -ohjelmalla (ks. kuvio 16)  $C = 1.34$ . Keskiviivan molemmiin puolin olevien hajontaviivojen väliin sijoittuu 95 % tutkittavista. Hajontaviivat ovat  $\pm 0.2 \log(s)$  -arvon etäisyydellä keskiviivasta. Tuloksia, jotka sijoittuvat hajontaviivojen sisäpuolelle pidetään normaaleina. Molemmista normaaliarvokäyristä käy ilmi, että haitallisen harsoluminanssin määrä pysyy lähes muuttumattomana 40 ikävuoteen asti, minkä jälkeen sen määrä lähtee kasvuun.

Glare 1.0 -ohjelman mittaustuloksista muodostettu normaaliarvokäyrä (ks. kuvio 16) sijoittuu taulukossa korkeammalle kuin C-Quant:in normaaliarvokäyrä. Tämä selittyy korkeammilla mittaustuloksilla, joiden perusteella myös vakio C:n arvo on suurempi. Normaaliarvokäyrät ovat  $0.47 \log(s)$  -arvon etäisyydellä toisistaan.  $\log(s)$  -arvo  $0.47$  saadaan normaaliarvokäyrien muodostamiseen vaadittujen kaavojen vakio C-arvojen erotuksesta. C-Quant -mittarilla saatua tulosta voidaan verrata Glare 1.0 -ohjelman normaaliarvokäyrään lisäämällä mittaustulokseen  $0.47 \log(s)$ . Glare 1.0 -ohjelman tulosta voidaan taas verrata C-Quant -mittarin normaaliarvokäyrään vähentämällä mittaustuloksesta  $0.47 \log(s)$ .



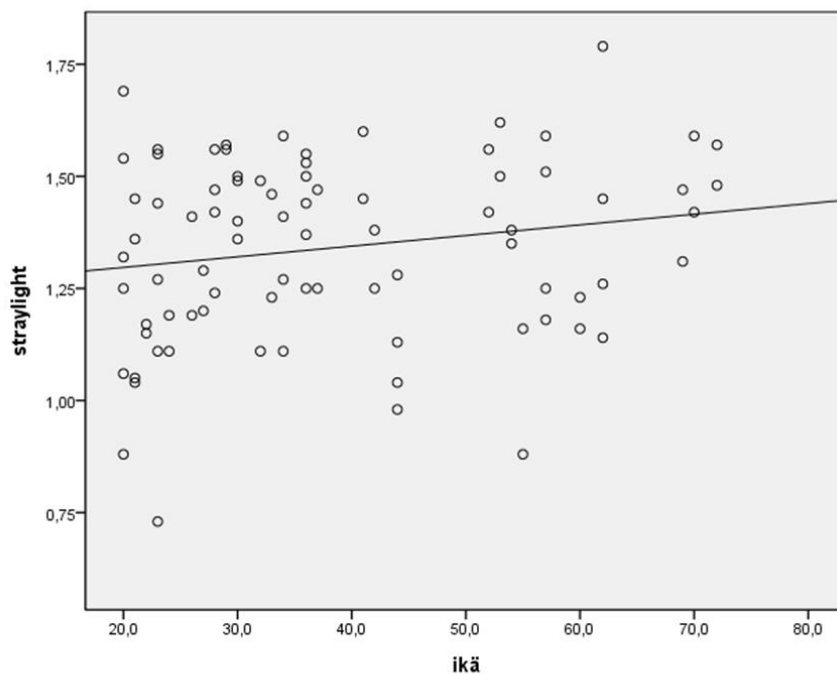
Kuvio 15. C-Quant -mittarin mittaustulokset ja haitallisen harsoluminanssin normaaliarvokäyrä.



Kuvio 16. Glare 1.0 -ohjelman haitallisen harsoluminanssin normaaliarvokäyrä.

#### 9.4 Glare 1.0 -mittaustulosten hajonta

Glare 1.0 -ohjelmalla mitattujen tulosten hajonta oli suurta, samalla tavalla kuin C-Quant -mittarilla mitatut tulokset osoittavat (ks. kuvio 15). Yksi ympyrä vastaa yhden silmän haitallisen harsoluminanssin määrää (ks. kuvio 17). Kuviossa mittaustulokset sijoittuvat taulukkoon hajanaisesti, eikä pelkkien mittauspisteiden perusteella pysty tekemään selkeitä päätelmiä haitallisen harsoluminanssin kasvusta. Lineaarinen viiva kuvaa muuttujien, haitallisen harsoluminanssin ja iän välistä suhdetta. Mittaustulosten perusteella viiva nousee loivasti iän myötä, joka kertoo haitallisen harsoluminanssin lisääntymisestä iän myötä.



Kuvio 17. Haitallisen harsoluminanssin mittaustulosten hajonta.

## 10 Pohdinta

Haitallinen harsoluminanssi ja sen mittaaminen osoittautui haasteelliseksi ja mielenkiintoiseksi opinnäytetyön aiheeksi. Haasteista huolimatta onnistuimme opinnäytetyösämme omien odotustemme mukaisesti. Koska haitallisen harsoluminanssin lähdekirjallisuus on vähäistä ja pääasiassa englanninkielestä, oli aineiston sisäistäminen ja tulkitseminen alussa työlästä ennen kuin kokonaisuus hahmottui. Koko opinnäytetyöprosessin ajan lähdekirjallisuus on ollut vahvasti läsnä niin teorian kirjoittamisessa kuin mittauksissa ja mittaustulosten analysoinnissa. Ymmärrys aiheeseen on kasvanut opinnäytetyön edetessä ja eheä kokonaisuus on muodostunut vasta opinnäytetyön loppuvaiheessa. Tärkeä tekijä aiheen sisäistämisen ja opinnäytetyön onnistumisen kannalta on ollut tiivis yhteistyö. Opinnäytetyön jokainen työvaihe on tehty yhdessä, jolloin haastavistakin tilanteista on selvitty.

Ensimmäiset alk- ja haitallisen harsoluminanssin mittaukset teimme toisillemme, jotta mittausten tekeminen tulisi tutuksi. Silmämikroskopiaan tuli nopeasti hyvä rutiini ja koemme, että olemme saaneet varmuutta mikroskopointiin opinnäytetyön ansiosta. Glare 1.0 -ohjelman ensimmäiset mittaukset olivat haasteellisia, koska ohjelma oli käytössämme ensimmäistä kertaa. Mittauskertojen lisääntyessä tutkittavan ohjeistaminen ja kannustaminen sekä mittausten suorittaminen muuttui luontevammaksi ja sujuvammaksi. Haitallisen harsoluminanssin mittauksissa tutkittavaa pyydettiin tunnistamaan tai arvaamaan näytöllä välähtävä kirjain. Jotkut tutkittavista kokivat ajoittaisen arvaamisen vaikeaksi ja tällaisissa tilanteissa tutkittavan kannustaminen vastaamaan oli erityisen tärkeää. Tutkimukseen osallistuneet olivat aidosti kiinnostuneita tutkimuksesta, joka teki meidän työstämme helpompaa ja miellyttävämpää. Haasteellisuutta lisäsi yli 50-vuotiaiden tutkimushenkilöiden löytäminen. Suurin osa vanhemmista tutkimushenkilöistä oli tuttaviamme, joilla oli mahdollisuus osallistua tutkimukseen vain yhtenä päivänä. Näiden tutkittavien kohdalla jouduimme suorittamaan alkututkimukset ja haitallisen harsoluminanssin mittaukset samana päivänä. Emme usko sen kuitenkaan vaikuttaneen tuloksiin.

Opinnäytetyömme on avannut meille uuden näkökulman optiseen alaan. Näkeminen ja näkömukavuus ovat paljon muutakin kuin hyvä näöntarkkuus. Toivomme, että tulevaisuudessa haitallisesta harsoluminanssista ja sen vaikutuksesta näkemiseen olisi saa-

tavilla enemmän tietoa. Väestön ikääntyessä haitallinen harsoluminanssi voi muodostua yhdeksi tärkeäksi toiminnallista näkökykyä heikentäväksi tekijäksi.

### 10.1 Reliaabelius

Reliaabelius tarkoittaa tutkimuksen mittaustulosten toistettavuutta. Tutkimus on luotettava ja tarkka, kun mittauksissa saadaan ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tutkimuksissa luotettavuus ja pätevyys vaihtelevat, vaikka virheiden syntymistä pyritään välttämään. (Hirsjärvi – Remes – Sajavaara 2004: 216; Vilka 2007: 149.)

Pyrimme suorittamaan alkututkimukset mahdollisimman samankaltaisissa olosuhteissa. Kaikki alkututkimukset tehtiin koulumme näöntarkastusluokassa ja pääsääntöisesti käytimme kahta eri mikroskooppia. Koska käytimme vain kahta eri mikroskooppia, oli niiden käyttö meille hyvin luontevaa ja sujuvaa, jolloin myös alkututkimukset sujuivat rutiinilla. Haitallisen harsoluminanssin mittaukset suoritettiin aina samassa tilassa samoilla välineillä, jolloin ympäristö ja mahdolliset häiritteijät olivat kaikille tutkittaville samanlaiset. Tutkimustulosten luotettavuuteen saattaa vaikuttaa vastaustulosten kirjaaminen. Mikäli tutkittava ilmoitti vastauksensa pelkällä kirjaimella, saattoi tutkija olla epävarma vastauksesta. Tällainen tilanne syntyi esimerkiksi kirjainten O ja H välillä, jolloin tutkija saattoi joutua varmistamaan vastauksen. Tästä syystä johtuen voimme olettaa, että tutkija on välillä kuullut ja myös kirjannut vastauksen väärin.

### 10.2 Validius

Tutkimuksen validiuksella eli pätevyydellä tarkoitetaan tutkimuksen kykyä mitata sitä mitä tutkimuksessa oli tarkoituskin mitata. Validiuteen vaikuttaa tutkijan kyky muuttaa teoreettiset käsitteet arkikielen tasolle. Mikäli tutkimuksessa ei ole systemaattisia virheitä eikä tutkija ole joutunut esimerkiksi käsitteiden tasolla harhaan, on tutkimuksen validius hyvä. (Hirsjärvi ym. 2004: 216; Vilka 2007: 150.)

Opinnäytetyössämme olemme avanneet kaikki tutkimukseen liittyvät teoreettiset käsitteet. Myös käyttämämme mittari on tarkka ja mittaa vain tutkittavaa asiaa. Näiden tekijöiden ansiosta systemaattisilta virheiltä on välttytty ja näin ollen opinnäytetyömme validius on hyvä.

### 10.3 Kokonaisluotettavuus

Tutkimuksen kokonaisluotettavuuden muodostavat reliaabelius ja validius. Kun tutkimusotos edustaa perusjoukkoa ja tutkimus sisältää mahdollisimman vähän satunnaisvirheitä, on sen kokonaisluotettavuus hyvä. (Vilkkä 2007: 152–153.)

Mielestämme opinnäytetyömme kokonaisluotettavuus on hyvä, koska uskomme satunnaisvirheiden määrän olevan hyvin alhainen. Myös tutkimusotoksemme valittiin tarkkaan, joten se edustaa hyvin perusjoukkoa.

### 10.4 Johtopäätökset

Tutkimuksemme oletuksena oli haitallisen harsoluminanssin määrän kasvu iän myötä. Tutkimustulokset tukevat tätä olettamusta, vaikka tuloksissa ilmeni paljon hajontaa ikäryhmien sisällä eikä haitallisen harsoluminanssin määrän kasvu ollut täysin oletetun suuruista. Tuloksiemme perusteella Glare 1.0 -ohjelman normaaliarvokäyrän arvot ovat  $0.47 \log(s)$  -arvon verran korkeampia kuin C-Quant normaaliarvokäyrän arvot. Näin ollen mittaustulokset saadaan vertailukelpoisiksi, kun mittarista riippuen tuloksiin joko lisätään tai vähennetään  $0.47 \log(s)$ .

Tutkimuksessa ei yrityksistämme huolimatta selvinnyt akkommodaation vaikutus tutkimustuloksiin. Tästä johtuen epäselväksi jää, olisiko akkommodaation minimointi vaikuttanut alentavasti alle 40-vuotiaiden tuloksiin, jolloin myös vakio C olisi ollut pienempi arvo. Näin ollen normaaliarvokäyrät olisivat olleet lähempänä toisiaan ja myös mahdollisesti vielä paremmin vertailtavissa keskenään.

Muutamien mittausten jälkeen Glare 1.0 -ohjelma on yksinkertainen ja helppokäyttöinen haitallisen harsoluminanssin mittausmenetelmä. Onnistuneeseen mittaukseen vaaditaan kuitenkin tutkittavan riittävä ohjeistus ja kannustus. Kokemuksemme perusteella Glare 1.0 -ohjelma osoittautui miellyttäväksi mittausmenetelmäksi sekä tutkijan että tutkittavan kannalta katsottuna.

## 10.5 Jatkotutkimusehdotukset

Kuten tutkimustuloksista käy ilmi, haitallisen harsoluminanssin mittaaminen antoi nuorille tutkittaville oletettua korkeampia arvoja, joiden arvelemme johtuneen akkommodaatiosta. Olisikin mielenkiintoista tehdä lisämittauksia nuorille pidemmältä testietäisyydeltä, esimerkiksi kahden metrin etäisyydeltä ja näin tutkia laajemmin akkommodaation vaikutusta haitallisen harsoluminanssin määrään. Tähän tarvittaisiin kuitenkin suurempi kokoinen tietokoneen tarkkuusmonitori.

Toinen jatkotutkimusehdotus liittyy kaihipotilaiden haitallisen harsoluminanssin mittaamiseen. Kaihipotilailta voisi mitata haitallisen harsoluminanssin määrän ennen ja jälkeen kaihileikkauksen ja näin ollen selvittää, kuinka suuri merkitys kaihileikkauksella on häikäisyn alenemiseen.

Refraktiivisen kirurgian yleistyessä olisi myös mielenkiintoista selvittää leikkausten vaikutusta haitallisen harsoluminanssin kasvuun.

Koska haitallisella harsoluminanssilla on todettu olevan kontrastiherkkyttä alentava vaikutus, näiden kahden yhteyttä olisi mielenkiintoista tutkia vielä tarkemmin.



## Lähteet

- Amos, John F. – Bartlett, Jimmy D. – Eskridge, Boyd J. 1991: Clinical Prosedure in Op-  
tometry. Philadelphia. J.B Lippincott Company.
- Benjamin, William J. – Borish, Irwin M. 1998: Borish's Clinical Refraction. Philadelphia.  
Wb. Saunders.
- Elliott, David B. 1998: Contrast Sensitivity and Glare Testing. Teoksessa Benjamin, Wil-  
liam J. (toim.): Borish` s Clinical Refraction. Philadelphia, Pennsylvania: W.B.  
Sanders Company
- Fannin, Troy E. – Grosvenor, Theodore 1996: Clinical Optics. Toinen painos. Boston.  
Butterworth Heinemann.
- Forrester, John – Dick, Andrew – McMenamin, Paul – Lee, William 1999: The Eye, Ba-  
sic Sciences In Practice. London. Wb. Saunders.
- Franssen Luuk, Coppens Joris E., Van den Berg Thomas J. T. P. 2006: Compensation  
Comparison Method for Assessment of Retinal Straylight. Verkkodokumentti.  
<[http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/oculus/presse/165/c\\_quant\\_iovs\\_2006.pdf](http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/oculus/presse/165/c_quant_iovs_2006.pdf)>. Luettu 17.2.2010.
- Franssen, Luuk – Tabernero, Juan – Coppens, Joris E. – Van den Berg, Thomas J. T. P. 2007: Pupil Size and Retinal Straylight in the Normal Eye. Verkkodokument-  
ti.  
<[http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/oculus/presse/164/c\\_quant\\_iovs\\_may\\_2007.pdf](http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/oculus/presse/164/c_quant_iovs_may_2007.pdf)> Luettu 19.2.2010.
- Grosvenor, Theodore. 2007: Primary Care Optometry. Viides painos. St. Louis, Mis-  
souri. Butterworth Heinemann.
- Gutherie, Audrey H. – Uslan, Mark – Schuchard, Ronald A. – Smith, Jack 2010: Stan-  
dards for Small Visual Displays. Verkkodokumentti. <<http://www.afb.org/>>. Luettu 22.4.2010.
- Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara Paula 2004: Tutki ja kirjoita. Jyväskylä.  
Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hyvärinen, Lea 2002: Lea-Testit. Verkkodokumentti. Päivitetty 13.2.2004.  
<<http://www.lea-test.fi/>>. Luettu 2.3.2010.
- Karhunen & Kostin 2006: Silmän sisäiset osat. Oulun seudun ammattikorkeakoulu.  
Verkkodokumentti. Päivitetty 12.12.2006.  
<[http://www.oamk.fi/sote/hakijalle/koulutusohjelmat/optometria/silman\\_sisais-et\\_osat2.php?PHPSESSID=5eb77112a12d71b35830d06f9db4f49d](http://www.oamk.fi/sote/hakijalle/koulutusohjelmat/optometria/silman_sisais-et_osat2.php?PHPSESSID=5eb77112a12d71b35830d06f9db4f49d)>. Luettu 15.3.2010.
- Ledford, Janice K. – Daniels, Ken – Campbell, Robert 2006: Optics, Retinoscopy, and  
Refractometry. Vancouver, BC. SLACK incorporated.

Näsänen, Risto 2010: Description of stray-light (=glare sensitivity) measurement by Glare 1.0.

Pfizerin Glaukooma-sivut. Verkkodokumentti. <[www.glaukooma.com](http://www.glaukooma.com)> Luettu 6.10.2010.

Precision Visionin verkkosivut. 2010. Verkkodokumentti. <[www.precision-vision.com](http://www.precision-vision.com)> Luettu 6.10.2010.

Rabbetts, Ronald B. 2007: Bennett & Rabbetts` Clinical Visual Optics. Portsmouth, UK. Butterworth Heinemann Elsevier.

Rihlama, Seppo 1997: Värioppi. Tampere. Rakennustieto Oy.

Saari, K. M. (toim.) 2001: Silmätautioppi. Jyväskylä. Kandidaattikustannus Oy.

Schwartz, Steven H. 1998: Visual Perception, A Clinical Orientation. Stamford, Connecticut. Appleton & Lange.

The University of Edinburgh, Scottish Sensory Centre, SSC. 2010  
<[www.ssc.education.ed.ac.uk/home.html](http://www.ssc.education.ed.ac.uk/home.html)> Luettu 6.10.2010

Van den Berg, Thomas J. T. P. – Van Rijn, L. J. (René) – Michael, Ralph – Heine, Christian – Coeckelbergh, Tanja – Nischler, Christian – Wilhelm, Helmuth – Grabner, Günther – Emesz, Martin – Barraquer, Rafael I. – Coppens, Joris E. – Franssen Luuk. 2007: Straylight Effect with Aging and Lens Extraction. Verkkodokumentti.  
<[http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/sonstige/sonstige/cquant\\_straylight\\_effects.pdf](http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/sonstige/sonstige/cquant_straylight_effects.pdf)> Luettu 19.2.2010.

Van den Berg, Thomas J. T. P.: Compensation Comparison in the Oculus C-Quant Straylight Meter. Verkkodokumentti.  
<[http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/oculus/presse/161/c\\_qant\\_compensationcomp.pdf](http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/oculus/presse/161/c_qant_compensationcomp.pdf)> Luettu 17.2.2010

Van den Berg, Thomas J. T. P. 2005: Straylight literature overview for C-Quant.

Van den Berg, Thomas J. T. P. 2006: Introduction to retinal Straylight. Verkkodokumentti.  
<[http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/sonstige/sonstige/cquant\\_straylight.pdf](http://www.oculus.de/us/downloads/dyn/sonstige/sonstige/cquant_straylight.pdf)>. Luettu 17.2.2010

Vilka, Hanna 2007: Tutki ja mittaa, määrällisen tutkimuksen perusteet. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy.

## Tutkimuslomake

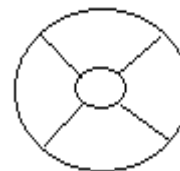
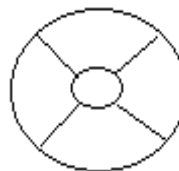
Nimi \_\_\_\_\_

NRO: \_\_\_\_\_

Ikä: \_\_\_\_ 20-29v. ☐ 30-39v. ☐ 40-49v. ☐ 50-59v. ☐ 60-69v. ☐ 70v. → ☐

Refraktio:	OD _____	Visus _____	ADD _____
(autorefraktometri)	OS _____	Visus _____	

Break-up time: Od: _____ s.	Ensimmäinen vääristymä:	Od: _____	Os: _____
Os: _____ s.			



Punaheijaste: \_\_\_\_\_

Mykiö: normaali ☐ samentumia ☐

Muuta: \_\_\_\_\_

Od:



Os:



Haitallisen harsoluminanssin määrä: OD \_\_\_\_\_ OS \_\_\_\_\_

Tutkimustulokset

Tutkittava	Harsoluminanssi		Ikä	Refraktio	Refraktio	ADD	Visus		BUT	(s)	Mykiöstä
nro	OD	OS		OD	OS		OD	OS	OD	OS	huomautettavaa
1	1, 26	1, 14	62	+0,75 -0,75 113	+0,75 -0,75 80	1,75	1	1	14	10	hieman kellertävä
2	1, 60	1, 45	41	+2,25 -0,25 91	+2,75 -0,50 123		1,25	1	8	14	
3	1, 04	0, 98	44	+1,50 -0,75 175	+1,25 -0,50 175		1	1,25	11	13	
4	1, 47	1, 25	37	-1,75 -1,50 4	-2,50 -1,75 175		1	1,25	26	16	
5	1, 40	1, 50	30	-2,25 -0,50 0	-2,75 -1,0 160		1	1	5	8	
6	1, 41	1, 19	26	plan	plan		1,25	1,25	9	20	
7	1, 04	1, 05	21	-1,50 -0,25 165	-1,75		1,25	1,25	10	10	
8	1, 42	1, 56	52	+2,50 -0,25 98	+2,75 -0,75 92	1,5	1,25	1,25	5	12	
9	1, 79	1, 45	62	+0,75 -0,75 66	+0,75 -0,75 91	1	1	1	20	44	hieman kellertävä
10	1, 56	1, 55	23	+0,50 -1,0 128	+0,25 -0,25 50		1,25	1,6	13	10	OD kalkkikertymä
11	1, 27	1, 11	34	+1,50 -1,75 159	+1,75 -1,75 23		1,25	1,25	9	6	
12	1, 56	1, 57	29	plan	-0,75		1,6	1,6	9	9	OD kalkkikertymä
13	1, 38	1, 25	42	-0,25	plan -0,50 109	1	1,6	1,25	8	7	
14	1, 41	1, 59	34	+0,50 -0,75 110	+0,25 -0,75 72		1,6	1,6	10	10	OS kalkkikertymä
15	1, 69	1, 54	20	-3,0 -1,0 95	-3,0 -1,0 60		1	1	51	42	OS kalkkikertymä
16	1, 59	1, 42	70	+1,25 -0,25 84	+1,50 -0,50 106	1	1,25	1,25	5	9	hieman kellertävä
17	1, 36	1, 45	21	-2,50 -1,0 175	-2,75 -0,50 178		1,25	1,6	12	12	
18	1, 27	1, 11	23	plan	plan		1,6	1,6	15	9	
19	1, 25	1, 32	20	-3,50 -0,50 7	-3,50 -0,25 147		1,6	1,25	11	8	
20	1, 46	1, 23	33	plan -0,50 7	plan -0,75 158		1,6	1,6	5	6	
21	1, 37	1, 44	36	plan	plan		1,6	1,6	10	10	
22	1, 50	1, 25	36	-1,25 -0,25 104	-1,25 -0,75 111		1,6	1,6	14	21	
23	1, 29	1, 20	27	-3,75 -0,50 152	-3,75 -0,25 21		1,25	1	20	24	
24	1, 49	1, 36	30	-6,0 -1,25 175	-6,0 -1,0 4		1,25	1,6	15	60	

25	1, 55	1, 53	36	-6,75 -1,0 120	-5,25 -0,75 40		1,25	1	40	55	OD kalkkikertymä
26	1, 51	1, 59	57	+1,25 -0,25 18	+1,75 -0,25 115	1	1,25	1,6	13	37	hieman kellertävä
27	1, 16	1, 23	60	+1,0 -0,25 180	+1,75	1,25	1,6	1,6	7	9	hieman kellertävä
28	1, 56	1, 42	28	plan	plan		1,25	1,25	30	38	
29	1, 24	1, 47	28	plan	plan		1,25	1,25	9	5	
30	1, 49	1, 11	32	-1,50 -0,25 7	-1,50		1,25	1,25	39	28	
31	1, 11	1, 19	24	-0,75 -1,0 85	-0,75 -0,25 63		1,25	1,25	12	10	
32	0, 88	1, 06	20	plan	plan		1,25	1,25	15	14	
33	1, 31	1, 47	69	+3,0 -1,0 112	+3,0 -1,0 68	0,75	1	1	8	6	hieman kellertävä
34	1, 48	1, 57	72	+3,75 -2,0 75	+4,0 -1,50 75	1	1	1	9	8	
35	1, 28	1, 13	44	-0,25 -0,25 89	-1,50 -0,25 6	1	1,6	1,6	9	10	
36	1, 44	0, 73	23	-3,75	-3,25 -0,25 55		1,25	1,25	6	6	
37	1, 15	1, 17	22	plan	plan		1,6	1,6	5	6	
38	1, 50	1, 62	53	ei muita tietoja							
39	1, 35	1, 38	54	ei muita tietoja							
40	1, 16	0, 88	55	ei muita tietoja							
41	1, 25	1, 18	57	ei muita tietoja							

## Lisämittausten tulokset

Tutkittava nro	Harsoluminanssi						Ikä	Refraktio	Refraktio	Visus	Visus	BUT (s)	BUT (s)
	<b>60cm</b>		<b>100cm</b>		<b>200cm</b>			OD	OS	OD	OS	OD	OS
	OD	OS	OD	OS	OD	OS							
1	1, 44	0, 73	1, 34	1, 37	0, 98	0, 71	23	-3,75	-3,25 -0,25 55	1,25	1,25	6	6
2	1, 15	1, 17	1, 21	1, 08	0, 83	0, 66	22	plan	plan	1,6	1,6	5	6
3	1, 56	1, 55	1, 17	1, 38	0, 94	1, 01	23	+0,50 -1,0 128	+0,25 -0,25 50	1,25	1,6	13	10
4	1, 27	1, 11	1, 25	1, 02	0, 80	0, 73	23	plan	plan	1,6	1,6	15	9
5	1, 69	1, 54	1, 64	1, 40	0, 77	0, 69	20	-3,0 -1,0 95	-3,0 -1,0 60	1	1	51	42